

Research Paper

Analysis of the Relationship between Temperature Changes on the Southern Coasts of Iran and Teleconnections Indices

Bromand Salāhi^{1*}, Fātemeh Vatanparast Ghaleh Jug², Mahnāz Sāber³

1. Professor, Department of Physical Geography, Faculty of Social Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

2. PhD Student of Climatology, Department of Physical Geography, Faculty of Social Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

3. Postdoctoral Researcher in Climatology, Department of Physical Geography, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

DOI: 10.22124/GSCAJ.2025.26243.1280

Received: 2023/ 12/12

Accepted: 2025/ 12/04

Abstract

In this study, the relationship between monthly temperature changes of stations located on the southern coast of Iran and the teleconnection patterns was investigated. The minimum and maximum monthly temperature data of 11 synoptic stations and 14 teleconnection patterns of the Atlantic and tropical Pacific Oceans over 1985-2024 were used. The possible relationship between the two temperature components in the studied stations and these teleconnection patterns was calculated using Pearson correlation analysis, analysis of variance, and regression analysis, and the spatial distribution of the correlation was plotted. The results showed that the highest percentage of correlation between the Pacific Ocean patterns and the minimum and maximum air temperatures of the coasts was with the AMO patterns (0.56), NTA (0.46), AMO (0.76), and ONI (-0.63) patterns, respectively. About 16-56 percent of the minimum temperature changes and 6-31 percent of the maximum temperature changes of the stations were explained by the teleconnection patterns. The NINO3, ONI (Tropical Pacific) and AMO (Atlas) models are more effective in explaining the minimum temperatures of the stations and the NINO3, AMO and AMM models are more effective in explaining the maximum temperatures of the stations. The highest frequency of significant correlations between the minimum temperatures of the stations was observed in January with TNA, in February with AMO and TNA, in March with NAO, in Orville with TSA, in June with WHWP, in July with TSA, in August with TNA, in September with WHWP and AMO, and in May, October, November and December with AMO.

Keywords: Temperature, Teleconnections, Regression, Southern Coasts of Iran, Correlation.

Highlight

- The highest percentage of correlation between the Pacific Ocean patterns with the minimum and maximum coastal air temperatures was calculated with the AMO (0.76) and ONI (-0.63) patterns, and the AMO (0.56) and NTA (0.46) patterns, respectively.
 - Multivariate regression models showed that tropical patterns are the most effective patterns in explaining temperature changes in at least two-thirds of the studied stations.
 - The NINO3, ONI and AMO (tropical Pacific) patterns are effective in explaining the minimum temperature, and the NINO3 (tropical calm) and AMO (South Atlantic Tropical Index) and AMM patterns are effective in explaining the maximum temperature of these stations.
- The highest frequency of significant correlations between the minimum temperatures of the stations in the months of February, May, September, October, November and December is related to the AMO pattern.

Extended Abstract

Introduction

Temperature changes at the location of the teleconnection patterns can be the beginning of a series of changes in the general circulation patterns of the atmosphere and interconnected effects on climatic elements in other

*. Corresponding Author: salahi@uma.ac.ir



regions of the world. Therefore, this study aimed to identify the relationship between changes in minimum and maximum air temperatures in plain and coastal stations in southern Iran with long-distance patterns of the Atlantic and tropical Pacific Oceans based on long-term data.

Methodology

The studied area in this study included the plain and coastal parts of the four provinces of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Bushehr and Khuzestan along with some Iranian islands that 11 stations with a suitable statistical period were selected and studied. In this study, the observational data of minimum and maximum air temperatures of the synoptic stations of the southern coast of Iran (as dependent variables) and the data of 14 tropical Pacific and Atlas indices including: NAO, NTA, AMO, AMM, TNA, TSA, TNI, QBO, WHWP, ONI, NINO4, NINO3.4, NINO3 and NINO1+2 (as independent variables) were used, and the length of the statistical period was determined as 40 years (1985-2024). To achieve the research aim, the monthly average data of minimum and maximum temperatures of the stations were converted into standard scores in SPSS. Then, the correlation of the patterns with the minimum and maximum air temperatures of the stations under study during the studied period was calculated in the form of a time series without time lag and for each month using the Pearson method, and correlation maps without time lag of the patterns and the two temperature components were drawn. Next, the relationship between changes in air temperature on the southern coast of Iran and the teleconnection patterns was examined and analyzed using backward multivariate regression relationships.

Results and discussion

The results of calculating the correlation without time lag of the monthly temperature time series with the studied patterns showed that the highest percentage of average minimum temperature correlation was with the AMO pattern (0.56), NTA (0.5), TNA (0.46), WHWP (0.43), TSA (0.41), AMM (0.31), NINO4 (0.29), NAO (-0.22), TNI (-0.20), NINO3 (0.19), NINO3.4 (0.17), NINO1+2 (0.15), ONI (0.14) and QBO (-0.13) and the highest percentage of average maximum temperature correlation were obtained respectively with the AMO pattern (0.76), ONI (0.63), NINO3.4 (-0.50), TNA (0.4), TSA (0.38), NTA (0.37), WHWP (0.3), TNI (0.25), NAO (-0.24), AMM (0.23), NINO3 (-0.18), NINO1+2 (-0.16), NINO4 (-0.14) and QBO (-0.14). Also, among the tropical Pacific patterns, the WHWP pattern and among the Atlas patterns, the AMO pattern have the highest correlation with the average of minimum temperature of the stations. Also, the highest correlation between this variable with the Atlas patterns is greater than their maximum correlation values with the tropical Pacific patterns.

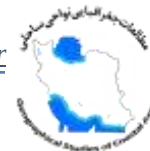
According to the results of multiple correlation calculation for patterns and station temperatures, 12-56% of the changes in minimum temperature and 6-31% of the changes in maximum temperature of stations are explained by the patterns. The highest coefficient of explanation of minimum and maximum temperature is related to Ahvaz and Abadan, respectively. Multivariate regression models showed that tropical patterns are more effective patterns in explaining temperature changes in at least two-thirds of the studied stations. The NINO3, ONI and AMO patterns are effective in explaining the minimum temperature of the stations, and NINO3, AMO and AMM are more effective in explaining the maximum temperature of these stations.

In general, the correlation between the patterns with the minimum temperatures of the stations in 12 months showed that the highest frequency of significant correlations was observed between the minimum temperatures of the stations in January with TNA; in February with AMO and TNA; in March with NAO; in Orville with TSA; in June with WHWP; in July with TSA; in August with TNA; in September with WHWP and AMO and in May, October, November and December with AMO. Also, the highest frequency of significant correlations at the 95 and 99 percent confidence level was obtained between the maximum temperatures of the stations in January with the TSA pattern, in February and May with the AMO pattern, in March with the NAO pattern, in April with the ONI pattern, in June and September with the WHWP pattern, in July with the AMO, TNA and TSA patterns, in August with the WHWP, AMO and TSA patterns, in October with the TNA pattern, in November with the AMM pattern and in December with the ONI, AMM and TNA patterns.

Conclusion

The findings confirmed that the Atlas patterns (AMO, TNA and NTA) have a significant (incomplete direct) correlation with the minimum temperature of the stations in a large number of months compared to the tropical Pacific patterns. The findings also showed that there is an incomplete inverse correlation between the NAO pattern and the temperature of the southern stations of the country. The reason is that if the positive phase of the NAO prevails, the fall of cold and dry air from high latitudes towards the Mediterranean basin and Iran is an expected phenomenon, and its effect on the temperature of Iran is often in the form of a decrease.

Based on the regression models, the effectiveness of the NINO3, ONI, NINO4, and AMO patterns on the minimum and maximum temperatures of the stations indicates their high influence from the Pacific and Atlantic SST. In general, it can be said that the Atlantic and tropical Pacific patterns have an effect on the minimum and maximum temperatures of the southern coast stations. The way the patterns affect is that the effects of the



Atlantic patterns are manifested by their effects on the Mediterranean systems and the Mediterranean landing site and the Azores subtropical high pressure, as well as SST changes on the climatic elements of Iran, and the effects of the tropical Pacific patterns are also manifested through temperature changes in the continuous water surfaces of the Pacific and Indian Oceans and, consequently, in the Sea of Oman and the Persian Gulf.

Funding

There is no funding support.

Authors' Contribution

Authors contributed equally to the conceptualization and writing of the article. All of the authors approved the content of the manuscript and agreed on all aspects of the work

Conflict of Interest

Authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

We are grateful to all the persons for scientific consulting in this paper.

Citation:

Salāhi, B., Vatanparast Ghaleh Jug, F, Sāber, M., (2026). Analysis of the Relationship between Temperature Changes on the Southern Coasts of Iran and Teleconnections Indices. *Geographical Studies of Coastal Areas Journal*, 7 (2), pp. 1-24. DOI: 10.22124/GSCAJ.2025.26243.1280

Copyrights:

Copyright for this article are retained by the author(s), with publication rights granted to *Geographical studies of Coastal Areas Journal*. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.



تحلیل ارتباط بین تغییرات دمای سواحل جنوبی ایران با شاخص‌های دور پیوند

برومند صلاحی*^۱، فاطمه وطن پرست قلعه جوق^۲، مهناز صابر^۳

۱. استاد، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

۲. دانشجوی دکتری آب و هواشناسی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

۳. پژوهشگر پسادکتری آب و هواشناسی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

DOI: 10.22124/GSCAJ.2025.26243.1280

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۰۹/۲۱

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۴/۰۹/۱۳

چکیده

در این پژوهش، ارتباط بین تغییرات دمای ماهانه ایستگاه‌های واقع در سواحل جنوبی ایران با الگوهای دورپیوند بررسی شد. از داده حداقل و حداکثر دمای ماهانه ۱۱ ایستگاه سینوپتیک و ۱۴ الگوی دورپیوند اقیانوس اطلس و آرام حاره‌ای طی دوره آماری ۱۹۸۵-۲۰۲۴ استفاده شد. ارتباط احتمالی بین دو مؤلفه دمایی مورد نظر در ایستگاه‌های مورد مطالعه با این الگوها با روش‌های تحلیل همبستگی پیرسون، تحلیل واریانس، تحلیل رگرسیون پس‌رونده محاسبه و توزیع فضایی همبستگی ترسیم شد. نتایج نشان داد بیشترین درصد همبستگی بین الگوهای اقیانوس آرام با حداقل و حداکثر دمای هوای سواحل به ترتیب با الگوهای AMO (۰/۵۶)، NTA (۰/۴۶)، الگوهای AMO (۰/۷۶) و ONI (-۰/۶۳) است. حدود ۵۶-۱۶ درصد از تغییرات حداقل دما و ۳۱-۶ درصد از تغییرات حداکثر دمای ایستگاه‌ها توسط الگوها دورپیوند تبیین شد. الگوهای NINO3، ONI (آرام حاره‌ای) و AMO (اطلس) در تبیین حداقل دمای ایستگاه‌ها و الگوهای NINO3، AMO و AMM در تبیین حداکثر دمای ایستگاه‌ها مؤثرتر هستند. بیشترین فراوانی همبستگی معنی‌دار بین حداقل دمای ایستگاه‌ها در ژانویه با TNA، در فوریه با AMO و TNA، در مارس با NAO، در آوریل با TSA، در ژوئن با WHWP، در ژوئیه با TSA، در اوت با TNA، در سپتامبر با WHWP و AMO و در می، اکتبر، نوامبر و دسامبر با AMO مشاهده شد.

واژگان کلیدی: دما، دور پیوند، رگرسیون، سواحل جنوبی ایران، همبستگی.

نکات برجسته:

- بیشترین درصد همبستگی بین الگوهای اقیانوس آرام با حداقل و حداکثر دمای هوای سواحل به ترتیب با الگوهای AMO (۰/۷۶) و ONI (-۰/۶۳) و الگوهای AMO (۰/۵۶) و NTA (۰/۴۶) محاسبه گردید.
- مدل‌های رگرسیون چندمتغیره نشان دادند که در تبیین تغییرات دمای حداقل دو سوم ایستگاه‌های مورد مطالعه، الگوهای حاره‌ای مؤثرتر هستند.
- الگوهای (آرام حاره‌ای) NINO3، ONI و AMO در تبیین حداقل دمای و الگوهای NINO3 (آرام حاره‌ای)، AMO (شاخص حاره‌ای اطلس جنوبی) و AMM در تبیین حداکثر دمای این ایستگاه‌ها مؤثر هستند.
- بیشترین فراوانی همبستگی معنی‌دار بین حداقل دمای ایستگاه‌ها در ماه‌های فوریه، می، سپتامبر، اکتبر، نوامبر و دسامبر مربوط به الگوی AMO است.

۱. مقدمه

سیاره‌ای بودن اتمسفر و پیوستگی آن موجب شده هیچ نقطه‌ای از جهان را نتوان یافت که از نظر اقلیمی کاملاً مستقل باشد. شکل‌گیری و حاکمیت الگوی خاص در یک منطقه، به‌طور هم‌زمان یا با تأخیر زمانی در عناصر اقلیمی نقاط دورتر از آن اثرگذار است. در این میان، یکی از مهم‌ترین عناصر اقلیمی که تغییرات و نوسان آن زنجیره‌ای از تغییرات بعدی در سایر متغیرها را در پی دارد، دما است. یکی از منشأهای تغییرات دمایی هر منطقه‌ای، نوسان ناشی از الگوهای دورپیوند است. تغییرات دمایی در محل الگوها می‌تواند سرآغاز سلسله‌ای از تغییرات الگوهای گردش کلی جو و تأثیرات به‌هم پیوسته در عناصر اقلیمی سایر مناطق جهان باشد.

سواحل جنوبی ایران به دلیل موقعیت جغرافیایی ویژه و همسایگی با خلیج فارس و دریای عمان، از مناطق حساس و مهم از نظر اقلیمی و اقتصادی کشور محسوب می‌شود. این سواحل نه تنها از اهمیت راهبردی و اقتصادی بالایی برخوردارند، بلکه به دلیل قرارگیری در مجاورت پهنه‌های آبی گرم حاره‌ای و نیمه‌حاره‌ای، در معرض آسیب‌پذیری اقلیمی قابل توجهی نیز قرار دارند. همچنین این مناطق از سامانه‌های اقلیمی متنوعی متأثر هستند که هر یک می‌توانند نقش بسزایی در تغییرپذیری دمای منطقه ایفا کنند. از جمله این سامانه‌ها، الگوهای بزرگ‌مقیاس دورپیوند اقیانوسی-جوی هستند که از طریق تغییر در الگوهای گردش عمومی جو و انتقال گرما و رطوبت، بر اقلیم مناطق دورتر از مبدأ خود تأثیر می‌گذارند. این الگوها با ایجاد ناهنجاری‌هایی در میدان فشار، دما و رطوبت جو، می‌توانند مسیر سامانه‌های همدید و چرخندها را تغییر داده و در نتیجه، شرایط دمایی مناطق مختلف از جمله سواحل جنوبی ایران را تحت تأثیر قرار دهند. تغییرات دمایی در این سواحل می‌تواند پیامدهای گسترده‌ای بر روی فعالیت‌های کشاورزی، آب‌زی‌پروری، صنایع نفت و گاز، گردشگری و همچنین سلامت عمومی ساکنان این مناطق داشته باشد. از این رو، مطالعه عوامل مؤثر بر تغییرات دمایی این پهنه، از اولویت‌های پژوهشی در حوزه اقلیم‌شناسی کاربردی کشور به‌شمار می‌رود. پیچیدگی این تأثیرات، نیازمند بررسی دقیق و روش‌مند با استفاده از داده‌های بلندمدت و روش‌های آماری پیشرفته است.

با توجه به تغییرات اقلیمی مشهود در سال‌های اخیر و گزارش‌های هیئت بین‌الدول تغییر اقلیم (IPCC) که نشان می‌دهد تغییرپذیری طبیعی اقلیمی می‌تواند به‌طور موقت تغییرات آب‌وهوایی انسانی را در مقیاس‌های زمانی دهه‌ای تشدید یا مبهم کند (عباسی و ملکی، ۲۰۱۷)، مطالعه ارتباط بین این الگوها و تغییرات دمایی مناطق مختلف، از جمله سواحل جنوبی ایران، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این موضوع زمانی اهمیت دوچندان می‌یابد که بدانیم بسیاری از پیش‌بینی‌های اقلیمی بر اساس مدل‌های عددی، به‌دلیل پیچیدگی‌های موجود در شبیه‌سازی پدیده‌های دورپیوند، با عدم قطعیت‌های قابل توجهی همراه هستند. از این رو، شناخت دقیق ارتباط بین الگوهای دورپیوند و تغییرات دمایی هر منطقه، می‌تواند به بهبود مهارت پیش‌بینی‌های اقلیمی و ارائه هشدارهای به‌موقع در خصوص رویدادهای فرین دمایی کمک شایانی نماید.

پژوهش‌های پیشین نشان داده‌اند که الگوهای دورپیوندی نظیر نوسان اطلس شمالی (NAO)، نوسان چنددهه‌ای اطلس (AMO)، و پدیده‌های النینو-لانینا (ENSO) تأثیرات قابل توجهی بر اقلیم ایران دارند (عباسی و ملکی، ۲۰۱۷؛ امیدوار و دهقان، ۱۴۰۳). این مطالعات اگرچه هر یک به‌نوبه خود ارزشمند و راهگشا بوده‌اند، اما اغلب آنها یا به بررسی تأثیر یک الگوی خاص بر اقلیم ایران پرداخته‌اند، و یا دوره‌های زمانی محدودتری را پوشش داده‌اند. به‌ویژه، تأثیر اقیانوس اطلس بر دمای سطحی ایران، به‌واسطه الگوی AMO، قابل ملاحظه بوده و مطالعه‌ای نشان داده که به‌طور میانگین، حدود ۵۰ درصد از تغییرات دمای ایران با نوسان دمای سطح آب اقیانوس اطلس مرتبط است (عباسی و ملکی، ۲۰۱۷). این یافته مؤید آن است که اقیانوس اطلس، به‌ویژه از طریق الگوی AMO، یکی از مهم‌ترین منابع تغییرپذیری اقلیمی ایران به‌شمار می‌رود.

با وجود این مطالعات، همچنان خلأ علمی قابل توجهی در زمینه بررسی هم‌زمان و مقایسه‌ای اثرگذاری طیف گسترده‌ای از الگوهای دورپیوند (شامل ۱۴ الگوی اقیانوس اطلس و آرام‌حاره) بر روی تغییرات دمایی حداقل و حداکثر سواحل جنوبی ایران، با استفاده از داده‌های به‌روز تا سال ۲۰۲۴، مشاهده می‌شود. این پژوهش درصدد است با بهره‌گیری از روش‌های تحلیل همبستگی پیرسون، تحلیل واریانس و رگرسیون چندمتغیره، سهم هر یک از این الگوها را در تبیین تغییرات دمایی منطقه مشخص نموده و توزیع فضایی همبستگی آنها را ترسیم نماید.

از این رو، پژوهش حاضر با هدف تحلیل ارتباط بین تغییرات دمای ماهانه ایستگاه‌های واقع در سواحل جنوبی ایران با ۱۴

الگوی دورپیوند اقیانوس اطلس و آرام‌حاره‌ای طی دوره آماری ۱۹۸۵-۲۰۲۴ انجام شده است. در این مطالعه، با بهره‌گیری از روش‌های تحلیل همبستگی پیرسون، تحلیل واریانس و رگرسیون چندمتغیره، سهم هر یک از این الگوها در تبیین تغییرات دمایی منطقه و توزیع فضایی همبستگی آنها ترسیم شده است. این رویکرد جامع و یکپارچه، امکان مقایسه اثرگذاری الگوهای مختلف را فراهم نموده و می‌تواند به شناسایی مؤثرترین الگوهای دورپیوند بر تغییرات دمایی سواحل جنوبی ایران منجر گردد که خود گامی مؤثر در جهت پیش‌بینی دقیق‌تر تغییرات دمایی این مناطق حساس خواهد بود.

۲. مبانی نظری

الگوهای جوی حاصل روابط پیچیده و اندرکنش متقابل بین اقیانوس، خشکی، کوهستان، شرایط لایه پایینی جو و دینامیک اتمسفر هستند که بین چندین هفته تا چندین ماه و سال تداوم دارند و درعین حال پدیده‌هایی طبیعی و حاصل سرشت آشوب‌مند جو و منبعث از پویایی درونی آن می‌باشند. این الگوها به دلیل رفتار سیاره‌ای که دارند می‌توانند بخش زیادی از تغییرپذیری گردش‌های جوی را آشکار سازند. در اغلب موارد اثرات اجزای سیستم اقلیمی به مکان پیدایش آن محدود نشده و این اجزا از طریق دگرگون‌سازی الگوی گردش عمومی جو و مراکز فشار، اثرات خود را بر مکان‌های دورتر از محل وقوعشان تحمیل می‌کنند. این گونه تأثیرگذاری به پیوند از دور موسوم است (کاظمی‌زاد ۱۳۸۷: ۲؛ امیدوار و دهقان، ۱۴۰۳).

پیوند از دور درواقع با نوسان در جو همراه است؛ بنابراین هر پدیده‌ای که به‌صورت دوره‌ای تمایل به بالاتر یا پایین‌تر بودن از میانگین داشته باشد و تشکیل چرخه را بدهد، به‌عنوان نوسان شناخته می‌شود. این نوسان‌ها می‌توانند در بازه‌های زمانی مختلف، از چند هفته (نظیر نوسان مادن-جولیان) تا چند دهه (نظیر نوسان چنددهه‌ای اطلس) متغیر باشند و هر یک، نقش متفاوتی در تغییرپذیری اقلیم مناطق مختلف ایفا می‌کنند. پیوند از دور روشی برای خلاصه‌سازی الگوهای جوی، توصیف فرایندهای انتقال گرما، انرژی، رطوبت و تکانه زمین و نیز درک بهتر و ارزیابی چگونگی تغییر آب‌وهوا و اکوسیستم‌های منطقه‌ای است (شوینگ و همکاران، ۲۰۰۸). این الگوها معرف تغییرات کلانی هستند که در الگوی امواج جوی و رودبادهای بروز می‌کنند و بر الگوی دما، بارش، مسیر رگبارها و موقعیت و شدت رودبادهای قلمروهای وسیع اثر می‌گذارد (اکبری و مسعودیان، ۱۳۸۶؛ آصفی و صلاحی، ۱۳۹۲). به‌عنوان مثال، تغییر موقعیت رودباد جنب‌حاره‌ای بر روی خاورمیانه، می‌تواند مسیر سامانه‌های بارشی و همچنین الگوی توزیع دمای سطح زمین را به‌طور قابل‌توجهی تغییر دهد که این تغییرات خود تحت تأثیر الگوهای دورپیوندی بزرگ‌مقیاس قرار دارند. همچنین آخرین گزارش ارزیابی IPCC نشان داد که تغییرپذیری طبیعی اقلیمی می‌تواند به‌طور موقت تغییرات آب و هوایی انسانی را در مقیاس‌های زمانی دهه‌ای تشدید کند (کالپینسکی و کپمن، ۲۰۲۲). لذا مطالعه الگوها که نظم دوره‌ای مشخصی دارند، ضروری به نظر می‌رسد.

در میان شاخص‌های متعدد دورپیوند، برخی از آنها تأثیر برجسته‌تری بر اقلیم ایران داشته‌اند. از جمله این شاخص‌ها می‌توان به نوسان چنددهه‌ای اطلس (AMO) اشاره کرد که نوسان‌های دمای سطح آب اقیانوس اطلس شمالی را نشان می‌دهد. این الگو، یکی از مهم‌ترین منابع تغییرپذیری اقلیمی در منطقه اقیانوس اطلس و مناطق مجاور آن محسوب می‌شود. نتایج پژوهش‌ها حاکی از آن است که فاز گرم این الگو با افزایش دمای هوای ایران همراه است و میزان همبستگی آن در برخی مناطق به ۸۰ درصد می‌رسد (عباسی و ملکی، ۲۰۱۷). این همبستگی بالا نشان می‌دهد که تغییرات دمای ایران، تا حد قابل‌توجهی تابعی از تغییرات دمای سطح آب اقیانوس اطلس بوده و این موضوع می‌تواند در پیش‌بینی‌های اقلیمی فصلی و دهه‌ای مورد استفاده قرار گیرد. سازوکار این تأثیرگذاری از طریق تغییر در الگوی گردش جوی بر روی منطقه اطلس و مدیترانه و به‌دنبال آن، تغییر در موقعیت پرفشار جنب‌حاره‌ای آזור و سامانه‌های غربالگری بر روی خاورمیانه صورت می‌پذیرد.

همچنین، شاخص‌های مرتبط با پدیده النینو-نوسان جنوبی (ENSO) مانند NINO3 و ONI، از دیگر الگوهای مؤثر بر اقلیم ایران هستند که از طریق تغییر در الگوی گردش جوی و انتقال رطوبت، بر دما و بارش مناطق مختلف کشور تأثیر می‌گذارند (رفعتی و رضازاده، ۱۳۹۹). ENSO به‌عنوان قوی‌ترین سیگنال تغییرپذیری اقلیمی در مقیاس درون‌سالی تا چندساله در کره زمین شناخته می‌شود که از طریق تغییر در الگوی گردش واکر و سلول‌های هدلی، بر اقلیم مناطق دور از اقیانوس آرام حاره‌ای نیز اثر می‌گذارد. در ایران، فاز النینو معمولاً با افزایش بارش و کاهش دما در برخی مناطق همراه است، در حالی که فاز لانینا

می‌تواند شرایط خشک‌تر و گرم‌تری را ایجاد نماید؛ البته میزان و نشانه این تأثیرات، تحت تأثیر فاز سایر الگوهای دورپیوندی مانند NAO و AMO نیز قرار می‌گیرد که نشان‌دهنده اثرات تعاملی پیچیده این الگوها بر اقلیم ایران است. علاوه بر این، الگوهایی مانند نوسان اطلس شمالی (NAO)، شاخص حاره‌ای اطلس شمالی (TNA)، شاخص حاره‌ای اطلس جنوبی (TSA) و الگوی گرمایش حاره‌ای غرب نیمکره (WHWP) نیز از طریق مکانیسم‌های پیوند از دور، بر تغییرات دمایی سواحل جنوبی ایران اثرگذار هستند. به‌طور خاص، مطالعات نشان داده‌اند که الگوهای واقع در اطلس شمالی و آرام‌حاره بیشترین اثرگذاری را بر روی دمای حداقل و حداکثر سواحل جنوبی ایران دارند (اسماعیلی و همکاران، ۱۳۹۹). همچنین، تحقیقات جدید نشان می‌دهد که نوسان دمای سطح آب اقیانوس هند (IOD) نیز می‌تواند در برخی فصول بر اقلیم جنوب ایران مؤثر باشد (عباسی و ملکی، ۲۰۱۷)، هرچند تأثیر آن نسبت به الگوهای اطلسی و آرام‌حاره‌ای کمتر است.

۳. پیشینه پژوهش

از زمان شناسایی الگوها و ارتباطات دورپیوند مطالعات زیادی پیرامون آن‌ها و آشکارسازی رابطه احتمالی بین آن‌ها و عناصر اقلیمی شکل گرفت و ابعاد تازه‌ای از وجود روابط را نمایان ساخت و ساحت جدیدی به روی سایر پژوهشگران گشود. در اینجا به گزیده‌ای از تحقیقات انجام‌شده در زمینه اثرات الگوهای پیوند از دور اشاره می‌شود.

بررسی تأثیرات نوسانات اطلس شمالی (NAO¹) بر دما و بارش مناطق کوهستانی دریای مدیترانه نشان داد که بروز فصول چهارگانه آب و هوایی در این مناطق به‌شدت متأثر از NAO است (لوپز مورونو و همکاران، ۲۰۱۱). لین و همکاران (۲۰۱۵) دریافتند که هم‌زمانی ناهنجاری مثبت در دمای سطحی شمال غرب اقیانوس آرام و تضعیف شارش رطوبتی شمال‌سوی اقیانوس هند اثر منفی بر بارش جنوب غرب چین می‌گذارد. حافظ (۲۰۱۶) با مطالعه ارتباط بین شاخص اقیانوسی نینو (ONI²) و دمای هوای سطح و بارش عربستان به این نتیجه رسید که متغیرهای اقلیمی دما و میزان بارش این کشور عمدتاً در فصول زمستان و پاییز توسط ONI کنترل می‌شود. کابوس و همکاران (۲۰۱۹) به مدل‌سازی سه حالت غالب و تغییرپذیری در اقیانوس اطلس حاره‌ای (حالت مداری اطلس (AZM³))، حالت نصف‌النهاری اطلس (AMM⁴) و تغییر در جبهه آنگولا-بنگوئلا (ABF⁵)) پرداختند. مدل‌ها نشان دادند که در مقیاس زمانی طولانی‌تر، AMM فعال است و تغییرات کم‌بسامد در قدرت، تناوب و ساختار فضایی AZM مشاهده می‌گردد. ونگ و همکاران (۲۰۲۰) در بررسی ارتباط بین وقایع انسو و ناهنجاری دمای سطح دریا در دریاهای بوه‌ای و زرد دریافتند که برخلاف فصل تابستان، همبستگی مشخص و ارتباط نزدیکی بین این وقایع و ناهنجاری دمای سطح دریا در فصل زمستان وجود دارد. دوان و همکاران (۲۰۲۱) در بررسی رابطه بین آنومالی دمای سطح دریا در اقیانوس اطلس حاره‌ای و El Niño و NAO به این نتیجه رسیدند که ناهنجاری TNA SST⁶ در بهار پس از اوج یک رویداد ال نینو به حداکثر خود می‌رسد و تا تابستان ادامه می‌یابد. هری و همکاران (۲۰۲۲) نشان دادند که رابطه معنی‌داری بین AMM و دمای شرق اروپا وجود دارد به‌طوری‌که فاز مثبت این الگو به افزایش ۰/۹ درجه‌ای در این منطقه منجر می‌شود. شنگ و همکاران (۲۰۲۳) اثر درون‌سالی TSA بر دمای هوای سطح دریا در طول بهار قطبی شرق آسیا را بررسی نمودند و نشان دادند که ناهنجاری TSA-SST می‌تواند موجب افزایش تقریباً هفت برابری در احتمال وقوع فرین دمای هوای سطحی بهار در شرق آسیا شود. ژو و همکاران (۲۰۲۳) اثر NAO بر تغییرپذیری درون‌سالی دماهای دسامبر، ژانویه، فوریه تا مارس صحرای بزرگ آفریقا را آشکار نمودند. نتایج نشان داد ناهنجاری‌های دمایی ساهارا با این الگو همبستگی منفی و معنی‌دار دارد. ژنگ و همکاران (۲۰۲۳) به شناسایی نقش نوسان چنددهه‌ای اطلس (AMO⁷) بر تغییرات چنددهه‌ای دمای زمستان آسیای مرکزی پرداختند. بر اساس استدلال نامبردگان وقتی AMO در دوره‌های گرم خود قرار دارد، دورپیوند اسکاندیناوی در فاز مثبت است که با تقویت هوای سرد شمالی موجب آنومالی دمای هوای سطحی سردتر در آسیای مرکزی می‌شود و بر این اساس که NAO منجر به AMO به

1. North Atlantic Oscillation
2. Oceanic Nino Index
3. Atlantic Zonal Mode
4. Atlantic Meridional Mode
5. Angola-Benguela Front
6. Tropical Southern Atlantic (TSA) Sea Surface Temperature (SST)
7. Atlantic Multidecadal Oscillation

مدت ۲۰-۱۵ سال می‌گردد یک ارتباط برجسته و پیشرو بین NAO و دمای هوای آسیای مرکزی به‌وسیله AMO وجود دارد. بررسی تغییرات بین دهه‌ای دمای ژوئن در شمال شرق چین ناشی از جابجایی دهه‌ای پیوند از دور اطلس شمالی نشان داد که SSTas سه‌قطبی اقیانوس اطلس شمالی (NAT_SST) تأثیر قابل توجهی بر دمای هوای تراز پایین ژوئن در شمال شرق چین پس از سال ۲۰۰۳ دارد (لی و همکاران، ۲۰۲۴).

خوش‌اخلاق و همکاران (۱۳۸۷) از بررسی اثر نوسان اطلس شمالی بر دما و بارش سواحل خزر به این نتیجه رسیدند که فاز مثبت الگو با کاهش دما و افزایش بارش همراه است. مطالعه تأثیر شاخص نوسانات اطلس شمالی بر عناصر دمایی شمال غرب ایران نشان داد که بین این الگو و دمای هوای تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه همبستگی معکوس وجود دارد (سبحانی و همکاران، ۱۳۹۳: ۷۵). خسروی و مسگری (۱۳۹۵) در بررسی ارتباط الگوهای دورپیوند و دمای شمال غرب ایران به این نتیجه رسیدند که بیشترین ضریب همبستگی به دست آمده بین الگوهای مؤثر و دمای منطقه در بازه زمانی بدون تأخیر مشاهده می‌شود. بررسی ارتباط حداقل و حداکثر دمای ایستگاه‌های سواحل جنوبی ایران با شاخص‌های پیوند از دور در دوره زمانی ۴۰ ساله (۱۹۸۸-۲۰۱۹) نشان داد همبستگی به‌دست‌آمده عمدتاً از نوع مستقیم و در سطح ۹۵ و ۹۹ درصد معنی‌دار است. همچنین الگوهای WHWP¹ و AMO² به‌عنوان مؤثرترین الگوها بر دمای این ایستگاه‌ها شناسایی شدند (اسماعیلی و همکاران، ۱۳۹۹). بررسی ارتباط بین مؤلفه‌های دمایی زاهدان و الگوهای پیوند از دور در بازه زمانی ۱۹۸۷-۲۰۱۹ نشان داد که رابطه مستقیمی بین آن‌ها برقرار است و نیز الگوهای اطلس شمالی (TNA، NTA و AMO) مؤثرترین الگوها بر روی حداکثر دمای این ایستگاه هستند (میرحسینی و همکاران، ۱۴۰۱). اسمعیل‌زاده و همکاران (۱۴۰۲) اثر الگوهای دورپیوند اقیانوس هند را بر رطوبت نسبی سواحل جنوبی ایران بررسی نموده و نشان دادند که حداقل ۴ و حداکثر ۸۳ درصد از تغییرات این متغیر توسط آن الگوها تبیین می‌شود. صلاحی و همکاران (الف ۱۴۰۳) به بررسی ارتباط بین متوسط دمای ایستگاه‌های نوار جلگه‌ای و سواحل جنوبی ایران با ۱۴ الگوی اقیانوس آرام طی دوره ۵۴ ساله (۲۰۰۴-۱۹۵۱) پرداختند. نتایج پژوهش آنان نشان داد که این الگوها بین ۷۰ تا ۸۷ درصد از تغییرات دمای ایستگاه‌ها را تبیین می‌کنند. همچنین مدل‌های رگرسیون چندمتغیره، الگوهای NINO3.4، PWPOOL و TNI را به‌عنوان مؤثرترین الگوها شناسایی کردند. بررسی اثر الگوی دوقطبی هند بر بارش سواحل جنوبی کشور در دوره ۴۴ ساله (۲۰۲۲-۱۹۷۹) نیز نشان داد بین این الگو و بارش پاییزه ایستگاه‌ها رابطه مستقیم معنی‌دار برقرار است (صلاحی و همکاران، ۱۴۰۳ ب).

نتایج پژوهش‌های پیشین نشان دادند که بین تغییرات عناصر اقلیمی در یک منطقه بخصوص با مناطق بسیار دورتر از آن مکان ارتباطی وجود دارد. دما یکی از مهم‌ترین عناصر اقلیمی است که از الگوهای پیوند از دور تأثیر می‌پذیرد. همچنان‌که ملاحظه گردید از میان متغیرهای اقلیمی تحقیقات اندکی در خصوص دمای سواحل جنوبی ایران در مقایسه با بارش انجام شده است که آن‌هم دوره زمانی کمتر از ۶۰ سال را مورد بررسی قرار داده‌اند، درحالی‌که در هوای گرم در صورت کمبود رطوبت نسبی، میزان تبخیر و تعرق بیشتر شده و بسیاری از گیاهان دچار تنش آبی می‌گردند. از طرفی تنش‌های حرارتی از جمله ویژگی‌های بیوکلیمایی آزاردهنده سواحل جنوبی کشور است که به‌دلیل اثر هم‌زمانی افزایش رطوبت و دما ایجاد می‌شود و فعالیت‌های انسانی را مختل می‌سازد (باعقیده و همکاران، ۱۳۹۰: ۵۵). لذا این پژوهش با هدف شناسایی ارتباط بین تغییرات حداقل و حداکثر دمای هوا در ایستگاه‌های جلگه‌ای و ساحلی جنوب ایران با الگوهای پیوند از دور اقیانوس اطلس و آرام حاره‌ای انجام گرفت.

۱.۳. محدوده مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه در این پژوهش شامل بخش‌های جلگه‌ای و ساحلی از چهار استان سیستان و بلوچستان، زاهدان، بوشهر و خوزستان به همراه برخی از جزایر ایرانی است که در عرض جغرافیایی پایین واقع شده‌اند و از جنوب به خلیج فارس و دریای عمان و از شمال بیشتر به ناهمواری‌های داخلی ایران محدود می‌شوند. جلگه‌های واقع در نوار ساحلی جنوب ایران نواحی پستی هستند که ارتفاع آن‌ها به ندرت از ۳۰ متر تجاوز می‌کند (جدول ۱). این جلگه‌ها بندرگاه‌های کلیدی را در محل اتصال به

خلیج فارس و دریای عمان در خود جای داده‌اند. از بین ایستگاه‌های سینوپتیک موجود در محدوده، ۱۱ ایستگاه که دوره آماری مناسبی داشتند گزینش شده است و مورد مطالعه قرار گرفتند. موقعیت جغرافیایی و توزیع فضایی ایستگاه‌های مورد مطالعه در شکل ۱ آورده شده است.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و توزیع ایستگاه‌های منتخب در ایران (منبع: نگارندگان)

جدول ۱. برخی از مشخصات ایستگاه‌های مورد مطالعه

ردیف	نام ایستگاه	ارتفاع از سطح دریا (متر)	دوره آماری	طول دوره آماری (سال)
۱	آبادان	۶/۶	۲۰۲۴-۱۹۸۵	۴۰
۲	اهواز	۲۲/۵	۲۰۲۴-۱۹۸۵	۴۰
۳	بوشهر (ساحلی)	۹	۲۰۲۴-۱۹۸۵	۴۰
۴	بندرعباس	۹/۸	۲۰۲۴-۱۹۸۵	۴۰
۵	چابهار	۸	۲۰۲۴-۱۹۸۵	۴۰
۶	بندر لنگه	۲۲/۷	۲۰۲۴-۱۹۸۵	۴۰
۷	بندر جاسک	۵/۲	۲۰۲۴-۱۹۸۵	۴۰
۸	جزیره کیش	۳۰	۲۰۲۴-۱۹۸۵	۴۰
۹	امیدیه	۳۴/۹	۲۰۲۴-۱۹۸۵	۴۰
۱۰	جزیره ابوموسی	۶/۶	۲۰۲۴-۱۹۸۵	۴۰
۱۱	میناب	۲۹/۶	۲۰۲۴-۱۹۸۵	۴۰

۳.۲. داده‌ها و روش

در این پژوهش از داده مشاهداتی حداقل و حداکثر دمای هوای ایستگاه‌های سینوپتیک سواحل جنوبی ایران (به‌عنوان متغیرهای وابسته) و داده‌های ۱۴ شاخص اقیانوس آرام حاره‌ای و اطلس (به‌عنوان متغیرهای مستقل) استفاده شد. داده‌های اقلیمی ایستگاه‌ها از سازمان هواشناسی کشور و داده‌های الگوهای پیوند از دور از سایت سازمان پژوهش‌های جوی و اقیانوسی آمریکا^۱ به‌صورت ماهانه دریافت شد. ۱۱ ایستگاه سینوپتیک از سواحل جنوب ایران گزینش شدند و طول دوره آماری ۴۰ ساله (۲۰۲۴-۱۹۸۵) تعیین گردید. در جدول ۲ عناوین الگوهای دورپیوند مورد مطالعه در این پژوهش و نشانه اختصاری آن‌ها آورده شده است.

1. <https://psl.noaa.gov>

جدول ۲. الگوهای پیوند از دور آرام حاره‌ای و اقیانوس اطلس

علامت اختصاری یا منطقه الگو	نام الگو	قلمرو	علامت اختصاری	نام الگو	قلمرو
TNI (Trans-Niño Index)	شاخص انتقالی نینو		NAO	نوسان اطلس شمالی	
QBO	نوسان شبه دوسالانه		NTA	دمای سطح آب اطلس شمالی	
WHWP	استخر گرم نیم‌کره غربی		AMO	نوسان چنددهه‌ای اطلس	اطلس شمالی
ONI	الگوی نینوی آرام		AMM	حالت نصف‌النهاری اطلس	
NINO4	دمای سطح آب در مرکز آرام حاره‌ای	آرام حاره‌ای			
NINO3.4	دمای سطح آب در شرق مرکز آرام حاره‌ای		TNA	شاخص حاره‌ای اطلس شمالی	
NINO3	دمای سطح آب در شرق آرام حاره‌ای				
NINO1+2	دمای سطح آب در منتهی‌الیه شرق آرام حاره‌ای		TSA	شاخص حاره‌ای اطلس جنوبی	اطلس جنوبی

منبع: نگارندگان

در این پژوهش برای شناسایی ارتباط بین دو مؤلفه دمایی سواحل جنوبی کشور و الگوهای پیوند از دور آرام حاره‌ای و اطلس از همبستگی پیرسون استفاده شد. برای این کار، داده متوسط ماهانه حداقل و حداکثر دمای ایستگاه‌ها در SPSS به نمرات استاندارد تبدیل شدند. سپس همبستگی الگوها با حداقل و حداکثر دمای هوای ایستگاه‌های مورد مطالعه در دوره زمانی مورد تحقیق (۴۰ ساله) در قالب سری زمانی بدون تأخیر زمانی و نیز برای هر از ماه‌ها به روش پیرسون محاسبه شد. مفهوم شدت ضرایب همبستگی بر اساس مقیاس‌بندی غیاثوند (۱۳۹۰) در نظر گرفته شد و نیز معنی‌داری این آزمون در سطح خطای ۰/۰۱ و ۰/۰۵ برآورد شد. در ادامه مقادیر ضرایب همبستگی سری زمانی بدون تأخیر زمانی و سطوح معنی‌داری آن‌ها به صورت فضایی به وسیله نقشه‌هایی نمایش داده شده و سپس مورد تحلیل قرار گرفت. در ادامه ارتباط تغییرات دمای هوای سواحل جنوب ایران با الگوهای دور پیوند با استفاده از روابط رگرسیون چندمتغیره پس‌رونده^۱ بررسی و تحلیل گردید. برای پردازش و تجزیه داده‌ها از نرم‌افزارهای EXCEL و SPSS و ArcGIS استفاده شد.

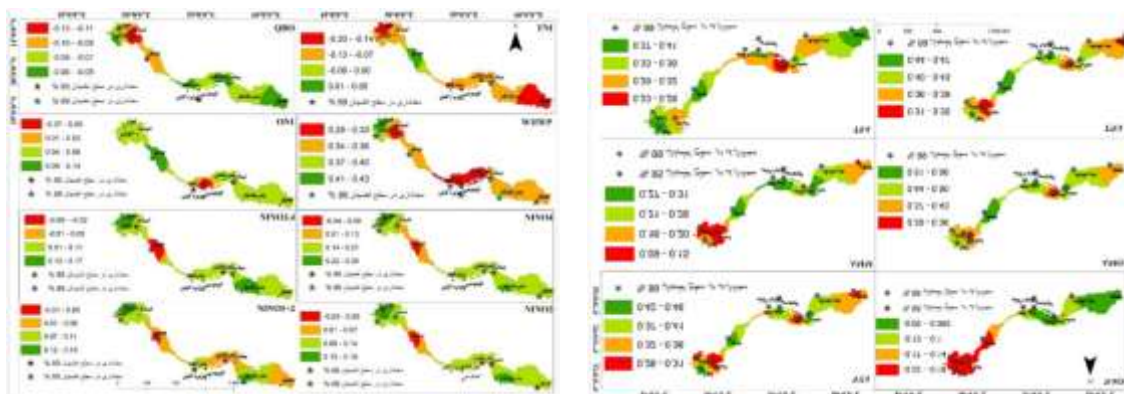
۴. یافته‌های پژوهش و بحث

۴.۱. بررسی فضایی همبستگی بین حداقل دمای ماهانه سواحل جنوب با الگوهای مورد مطالعه

توزیع فضایی ضرایب همبستگی هم‌زمان بین سری زمانی ماهانه متوسط حداقل دمای ایستگاه‌های جنوبی کشور با شاخص‌های اقیانوس اطلس و آرام حاره‌ای و سطح معنی‌داری آن‌ها در (شکل ۲) نمایش داده شده است. بین حداقل دمای همه ایستگاه‌ها با شاخص QBO همبستگی منفی وجود دارد و ضریب همبستگی منفی کمتر از ۰/۱۳- را نشان می‌دهند که بیشترین مقادیر منفی و معنی‌دار در ایستگاه‌های غربی محدوده و به خصوص امیدیه و کمترین میزان همبستگی در مرکز و شرق محدوده مشاهده می‌شود. همبستگی بین شاخص TNI و حداقل دمای این سواحل، نیز همانند شاخص QBO از نوع معکوس ناقص است اما از نظر مقدار از آن بیشتر است و مقادیر همبستگی منفی کمتر از ۰/۲- هستند که یکپارچگی مقادیر ضرایب منفی در شرق محدوده بیشتر از سایر قسمت‌ها است و البته بیشترین میزان همبستگی منفی به منتهی‌الیه شرق و غرب منطقه و ایستگاه‌های چابهار و اهواز تعلق دارد. به عبارتی حداقل دمای این نقاط با افزایش میزان شاخص TNI کاهش می‌یابد و در حالت کاهش شدت این الگو افزایش پیدا می‌کند. در کل منطقه به جز ایستگاه بوشهر -که ضریب مثبت جزئی دارد- همبستگی منفی غلبه دارد و در ۱ ایستگاه (میناب) در

سطح اطمینان ۹۹ درصد معنی دار است.

همبستگی بین حداقل دمای ماهانه ایستگاه‌ها و شاخص ONI در نیمه شرقی و شمال غربی منطقه از نوع مستقیم و البته با شدت بسیار ضعیف تا ضعیف (۰/۱۴) و همبستگی سایر قسمت‌های محدوده از نوع معکوس ناقص با شدت خیلی ضعیف است. همبستگی بین حداقل دمای ماهانه با الگوی WHWP بر خلاف سه الگوی قبلی، از نوع مستقیم ناقص بوده و میزان آن حداکثر ۰/۴۳ می‌باشد که همه در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنی دار هستند. بیشترین مقادیر ضرایب همبستگی در غرب محدوده (آبادان) و کمترین میزان آن در ایستگاه‌های حوالی تنگه هرمز به دست آمد. نقشه‌های توزیع فضایی ضرایب همبستگی بین حداقل دمای ماهانه و نینوها تقریباً الگوی مشابهی دارند به نحوی که بیشترین میزان ضرایب همبستگی مثبت مربوط به ایستگاه‌های منتهی الیه غربی و سپس نیمه شرقی محدوده است که عمدتاً معنی دار هستند و از مرکز محدوده تا ایستگاه امیدیه مقدار ضرایب همبستگی کمتر از سایر نقاط می‌باشد. بیشترین همبستگی حداقل دمای ماهانه با NINO3.4 به میزان ۰/۱۷، با NINO4 به میزان ۰/۲۹، با NINO1+2 به میزان ۰/۱۵ و با NINO3 به میزان ۰/۱۹ به دست آمد. به‌استثنای دمای بوشهر، بندر لنگه و جزیره کیش با NINO3.4، بوشهر و امیدیه با NINO4، بوشهر و بندر لنگه با NINO1+2 و بندر لنگه با NINO3 که همبستگی معکوس بسیار جزئی دارند، در سایر ایستگاه‌ها همبستگی مثبت با این الگوها وجود دارد.



شکل ۲. پراکنش فضایی ضرایب همبستگی هم‌زمان بین حداقل دمای هوا در محدوده مورد مطالعه با شاخص‌های دور پیوند اطلس و آرام حاره‌ای (منبع: نگارندگان).

همبستگی بین متوسط حداقل دمای ایستگاه‌های سواحل جنوب و الگوهای اطلس قوی‌تر از همبستگی آن با الگوهای آرام حاره‌ای است. بدین صورت که همبستگی این متغیر با الگوی NTA تقریباً از نوع مستقیم ناقص به میزان حداکثر تا ۰/۴۷ است. بیشترین میزان همبستگی این الگو با حداقل دمای اهواز، بوشهر، میناب و بندر لنگه محاسبه شد. الگوی فضایی که در این توزیع ضرایب همبستگی این شاخص مشاهده می‌شود تکرار تناوبی از همبستگی متوسط، ضعیف و نسبتاً متوسط در نیمه غربی محدوده و همبستگی ضعیف و نسبتاً متوسط در نیمه شرقی محدوده می‌باشد البته همه همبستگی‌های با شدت نسبتاً قوی در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنی دار هستند. همبستگی بین حداقل دمای همه ایستگاه‌های مورد مطالعه با شاخص NAO از نوع معکوس ناقص است که شدت آن در غرب محدوده بیشتر (۰/۲۲-) و نیز معنی دار است و هر چه در راستای طولی به سمت شرق تا مرکز محدوده پیش می‌رویم از میزان همبستگی کاسته می‌شود. همبستگی حداقل دمای ایستگاه‌ها با الگوی AMM از نوع مستقیم ناقص است که در ۷ ایستگاه در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنی دار است. شدت بیشینه ضریب همبستگی به دست آمده برای حداقل دمای ایستگاه‌ها و الگوی AMM در مقایسه با ۵ شاخص دیگر اقیانوس اطلس کمتر است که به میزان ۰/۳۱ مربوط به حداقل دمای بندر لنگه، بوشهر و میناب است. قوی‌ترین همبستگی محاسبه شده برای شاخص‌های اقیانوس اطلس به میزان ۰/۵۶ (با شدت نسبتاً قوی) به الگوی AMO تعلق دارد که الگوی توزیع فضایی ضرایب آن در محدوده مورد مطالعه مشابه الگوی NTA البته با شدت بیشتر است. نوع همبستگی این الگو با حداقل دمای ایستگاه‌ها مستقیم ناقص است که در همه ایستگاه در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنی دار است. بیشینه همبستگی این الگو با حداقل دمای بوشهر، میناب، بندر لنگه و بندر جاسک و کمینه میزان آن با حداقل دمای امیدیه و بندرعباس محاسبه شد. همچنین الگوی توزیع فضایی مقادیر ضرایب همبستگی حداقل دمای محدوده با شاخص‌های TSA و

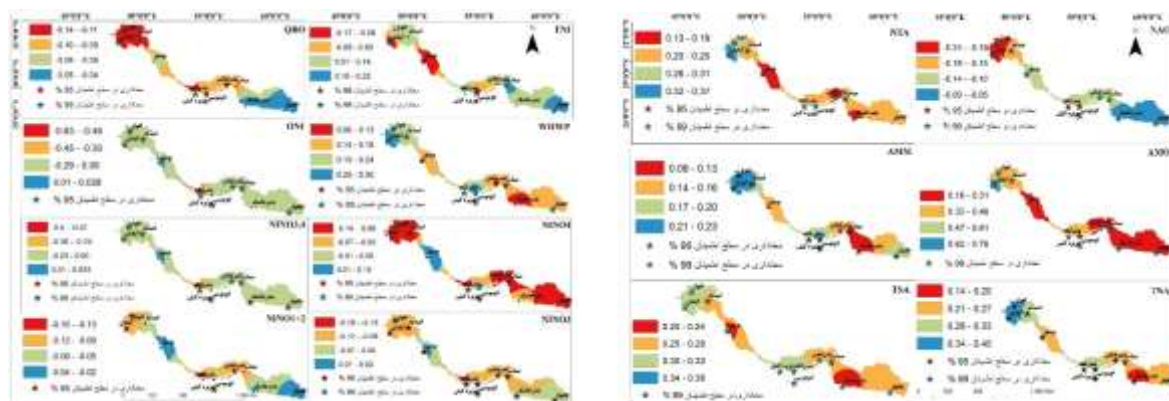
TNA تقریباً مشابه الگوی AMO البته با شدت کمتر (۰/۴۱ و ۰/۴۶) است. هسته بیشینه ضریب همبستگی الگوی TSA بر روی اهواز، بوشهر و چابهار و در الگوی TNA بر روی بوشهر و بندر لنگه قرار دارد اما هسته کمینه همبستگی در الگوی TSA بر روی بندرعباس و در الگوی TNA بر روی بندرعباس، امیدیه و چابهار تمرکز دارد. در هر دو الگو همبستگی در همه ایستگاه‌ها در سطح اطمینان بالای ۹۵ درصد معنی‌دار است.

از بین الگوهای آرام حاره‌ای، الگوی WHWP و از بین الگوهای اطلس الگوی AMO بالاترین میزان همبستگی را با حداقل دمای ایستگاه‌ها دارد. همچنین بیشترین میزان همبستگی بین حداقل دمای ماهانه سواحل جنوب با الگوهای اطلس بزرگ‌تر از مقادیر بیشینه همبستگی آن‌ها با الگوهای آرام حاره‌ای است.

۲.۴. بررسی فضایی همبستگی بین حداکثر دمای ماهانه سواحل جنوب با الگوهای مورد مطالعه

توزیع فضایی ضرایب همبستگی بدون تأخیر زمانی بین سری زمانی ماهانه متوسط حداکثر دمای ایستگاه‌های سواحل جنوبی کشور با شاخص‌های اقیانوس اطلس و آرام حاره‌ای و سطح معنی‌داری آن‌ها در (شکل ۳) نمایش داده شده است. بین حداکثر دمای تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه با شاخص QBO همبستگی منفی با شدت خیلی ضعیف و وجود دارد و ضرایب همبستگی کمتر از ۰/۱۴- هستند که بیشترین مقادیر منفی و معنی‌دار مربوط به ایستگاه‌های غربی و مرکزی محدوده و کمترین میزان همبستگی مربوط به چابهار و بندر جاسک است. همبستگی بین شاخص TNI و حداکثر دمای آبادان، بوشهر و بندر لنگه از نوع معکوس ناقص (حداکثر به میزان ۰/۱۷-) و در سایر ایستگاه‌های محدوده از نوع مستقیم ناقص -به جز چابهار و میناب- حداکثر به میزان ۰/۲۵ است. بین حداکثر دمای بوشهر و الگوی ONI همبستگی مستقیم خیلی ضعیف و در سایر ایستگاه‌ها همبستگی معکوس ناقص تا شدت قوی (۰/۶۳-) وجود دارد که بیشترین میزان همبستگی مربوط به جزیره کیش و در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنی‌دار است.

میزان همبستگی بین شاخص WHWP و حداکثر دمای ماهانه ایستگاه آبادان و حوالی تنگه هرمز ۰/۳۰ و در سایر قسمت‌ها کمتر از این میزان محاسبه شد که در همه ایستگاه‌ها به‌استثنای بندر جاسک در سطح اطمینان ۹۵ یا ۹۹ درصد معنی‌دار است. الگوی توزیع فضایی ضرایب همبستگی شاخص NINO3.4 و حداکثر دمای سواحل جنوب مشابه نقشه شاخص ONI است و تنها از نظر مقدار بیشینه همبستگی با آن تفاوت دارد (بالاترین درصد همبستگی این الگو ۰/۵- است که با حداکثر دمای بندر لنگه به دست آمد). توزیع فضایی ضرایب همبستگی بین حداکثر دمای ماهانه و سه شاخص دیگر نینوها تقریباً الگوی مشابهی دارند. NINO3 و NINO4 هم همبستگی مثبت و هم همبستگی منفی با حداکثر دمای ایستگاه‌ها دارند که هرچند معنی‌دار هم هستند ولی شدت آن‌ها کمتر از ۰/۱۴ و ۰/۱۸- است که به‌مراتب کمتر از همبستگی NINO3.4 است. بیشترین میزان ضرایب همبستگی منفی NINO1+2 و NINO3 با ایستگاه‌های مرکزی محدوده و در NINO4 با اکثر ایستگاه‌های نیمه شرقی و منتهی‌الیه غربی محدوده محاسبه شد.



شکل ۳. پراکنش فضایی ضرایب همبستگی هم‌زمان بین حداکثر دمای هوا در محدوده مورد مطالعه با شاخص‌های دورپیوند اطلس و آرام حاره‌ای (منبع: نگارندگان).

همبستگی بین متوسط حداکثر دمای ماهانه ایستگاه‌های سواحل جنوب با الگوهای اطلس بدین صورت است که همبستگی این متغیر با الگوی NTA به جز چابهار تقریباً از نوع مستقیم ناقص و اغلب معنی‌دار به میزان حداکثر ۰/۳۷ می‌باشد. بیشترین میزان همبستگی این الگو با حداکثر دمای غرب محدوده (آبادان و اهواز) و کیش و بندر لنگه و کمترین میزان آن با حداکثر دمای بوشهر، بندرعباس و بندر جاسک و بندر لنگه محاسبه شد. همبستگی حداکثر دمای همه ایستگاه‌های مورد مطالعه با شاخص NAO از نوع معکوس ناقص است که شدت آن در غرب محدوده بیشتر (۰/۲۴-) و نیز معنی‌دار است. همبستگی این متغیر با الگوی AMM از نوع مستقیم ناقص است که در ۸ ایستگاه در سطح اطمینان ۹۹ درصد و در ۲ ایستگاه در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار است. شدت بیشینه ضریب همبستگی به دست آمده برای حداکثر دمای ایستگاه‌ها و الگوی AMM در مقایسه با ۵ شاخص دیگر اقیانوس اطلس کمتر است که به میزان ۰/۲۳ مربوط به حداکثر دمای بندر لنگه، آبادان، اهواز و امیدیه است. قوی‌ترین همبستگی محاسبه شده برای شاخص‌های اقیانوس اطلس و این متغیر به میزان ۰/۷۶ (با شدت خیلی قوی) به الگوی AMO تعلق دارد که الگوی توزیع فضایی ضرایب آن در محدوده مورد مطالعه شبیه به الگوی NTA البته با ضرایب قوی‌تر است و البته از غرب به شرق از شدت همبستگی‌ها کاسته می‌شود. نوع همبستگی این الگو با حداکثر دمای ایستگاه‌ها از نوع مستقیم ناقص است که در ۱۰ ایستگاه در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنی‌دار است. بیشینه ضریب همبستگی این الگو با حداکثر دمای آبادان به دست آمد. همچنین الگوی توزیع فضایی مقادیر ضرایب همبستگی حداکثر دمای محدوده با شاخص‌های TSA و TNA تقریباً مشابه الگوی AMO البته با شدت کمتر (۰/۳۸ و ۰/۴۰ و شدت متوسط) و در اکثر ایستگاه‌ها در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنی‌دار است. نوع همبستگی بین این دو الگو با حداکثر دمای همه ایستگاه‌ها از نوع مستقیم ناقص است. از بین الگوهای آرام حاره‌ای، الگوی WHWP و از بین الگوهای اطلس الگوی AMO بالاترین میزان همبستگی را با متوسط حداکثر دمای ماهانه ایستگاه‌ها دارند. همچنین بیشترین میزان همبستگی بین حداکثر دمای ماهانه سواحل جنوب با الگوهای اطلس بزرگ‌تر از مقادیر بیشینه همبستگی آن‌ها با الگوهای آرام حاره‌ای است.

در ادامه نتایج به دست آمده از رگرسیون خطی چندمتغیره محاسبه شده بر روی متوسط حداقل و حداکثر دمای هوای ایستگاه‌های مورد مطالعه و شاخص‌های مورد بررسی آورده شده است (جداول ۳ تا ۶ و شکل ۵).

۳.۴. رگرسیون چندمتغیره و تبیین تغییرات متوسط حداقل و حداکثر دمای ایستگاه‌های مورد مطالعه توسط الگوهای اقیانوس اطلس و آرام حاره‌ای

ضرایب همبستگی چندمتغیره و درصد تغییرات تبیین شده متوسط ماهانه حداقل و حداکثر دمای ایستگاه‌های سواحل جنوبی کشور در طول دوره آماری مورد بررسی توسط الگوهای اقیانوس اطلس و آرام حاره‌ای، با مدل رگرسیون پس‌رونده محاسبه و مؤثرترین الگوها شناسایی شدند (جدول ۳ و ۴). مطابق جدول (۳) کمترین کمترین میزان همبستگی بین ۱۴ الگوی و حداقل دمای هوای این محدوده (۴۰ درصد) در میناب و بیشترین آن در بوشهر (۷۵ درصد) به دست آمد؛ بنابراین این الگوها ۷۵ درصد از تغییرات حداقل دمای بوشهر را تبیین می‌کنند. همچنین میزان همبستگی چندمتغیره بین این الگوها و حداقل دمای ایستگاه‌های اهواز، جزیره کیش، بندر لنگه، بندر جاسک، آبادان، امیدیه، جزیره ابوموسی، چابهار و بندرعباس به ترتیب حدود ۷۰، ۶۸، ۶۷، ۶۳، ۵۸، ۵۲، ۵۱ و ۴۱ درصد به دست آمد؛ اما همبستگی چندمتغیره بین حداکثر دمای سواحل جنوب کشور با الگوهای اطلس و آرام حاره‌ای به مراتب کمتر از همبستگی حداقل دما با آن‌ها است (جدول ۴). به طوری که کمترین میزان همبستگی بین این الگوها و حداکثر دمای هوای این محدوده (۲۴ درصد) در بندر جاسک و بیشترین آن در آبادان (۵۷ درصد) است. اهواز که از نظر بیشترین مقدار همبستگی حداقل دما با الگوها در مرتبه دوم بعد از بوشهر قرار داشت اکنون در مرتبه چهارم قرار دارد و میزان آن ۲۳ درصد کمتر از همبستگی حداقل دما است. بدین ترتیب میزان همبستگی چندمتغیره بین این الگوها و حداکثر دمای ایستگاه‌های جزیره کیش، اهواز، امیدیه، بندر لنگه، میناب، جزیره ابوموسی، چابهار، بندرعباس و بوشهر به ترتیب ۴۸، ۴۷، ۴۴، ۴۱، ۴۰، ۳۹، ۳۶، ۳۲ و ۲۶ درصد محاسبه گردید. جزئیات بیشتر ضرایب همبستگی چندمتغیره و درصد تغییرات تبیین شده حداقل دمای هوای ایستگاه‌ها توسط الگوهای اقیانوس اطلس و آرام حاره‌ای توسط مدل‌های رگرسیون به این نحو است که در ایستگاه اهواز با ورود تمامی ۱۴ الگو ۴۸ درصد از تغییرات حداقل دمای هوا تبیین می‌گردد. در مدل چهارم با حذف ۳ الگوی بی‌اثر NINO1+2، TSA و WHWP و با ورود ۱۱ الگوی دیگر همچنان ۴۸ درصد از تغییرات این متغیر تبیین می‌شود. به عبارتی نقش سه الگوی اشاره شده در توجیه

تغییرات حداقل دمای اهواز قابل اغماض است. در ایستگاه امیدیه ضریب تبیین با ورود همه الگوها ۲۸ درصد است و در مدل ششم با حذف ۵ الگو که در مجموع ۱ درصد از تغییرات حداقل دما را توجیه می‌کردند و ورود الگوهای مؤثرتر (TSA, ONI, NAO, NINO4, NINO3, TNA, AMO, NINO1+2, QBO) ۲۷ درصد از تغییرات این متغیر تبیین می‌شود. ۳۴ درصد از تغییرات حداقل دمای آبادان توسط همه الگوها و ۳۳ درصد در مدل هشتم با ورود الگوهای مؤثر (TSA, ONI, NAO, AMO, NINO4) قابل توجیه است.

جدول ۳. مقادیر R^2 و R بین متوسط حداقل دمای هوای ایستگاه‌ها و الگوهای موردبررسی

ایستگاه	ضریب همبستگی چند متغیره		درصد تغییرات تبیین شده	
	(R)		(R ²)	
	با ورود همه الگوها	با ورود الگوهای مؤثرتر	با ورود همه الگوها	با ورود الگوهای مؤثرتر
اهواز	۰/۷۰	۰/۶۹۹	۰/۴۸۹	۰/۴۸۸
امیدیه	۰/۵۲۹	۰/۵۲۶	۰/۲۸۰	۰/۲۷۶
آبادان	۰/۵۸۵	۰/۵۷۷	۰/۳۴۲	۰/۳۳۳
بوشهر	۰/۷۵۲	۰/۷۵	۰/۵۶۵	۰/۵۶۳
بندرعباس	۰/۴۱۱	۰/۴۰۴	۰/۱۶۹	۰/۱۶۳
میناب	۰/۴۰۶	۰/۳۸۸	۰/۱۶۵	۰/۱۵۰
بندر لنگه	۰/۶۷۹	۰/۶۷۶	۰/۴۶۱	۰/۴۵۷
جزیره کیش	۰/۶۸۳	۰/۶۸۰	۰/۴۶۶	۰/۴۶۳
جزیره ابوموسی	۰/۵۲۸	۰/۵۲۵	۰/۲۷۹	۰/۲۶۳
بندر جاسک	۰/۶۳۲	۰/۶۲۸	۰/۴۰۰	۰/۳۹۵
چابهار	۰/۵۱۴	۰/۵۱۰	۰/۲۶۴	۰/۲۶۰

منبع: نگارندگان

در بوشهر در مدل اول با ورود همه الگوها و در مدل پنجم با حذف ۴ الگوی بی‌اثر (TSA, NAO, NINO1+2, WHWP) میزان تبیین تغییرات حداقل دما ۵۶ درصد است. در بندرعباس درصد تبیین تغییرات حداقل دما در مدل اول و مدل هفتم (ورود الگوهای مؤثر) ۱۶ درصد است و لذا ۶ الگوی حذف‌شده تقریباً بی‌اثر هستند. در میناب ۱۵ درصد از ۱۶ درصد تبیین‌شده تغییرات حداقل دما با ۱۴ الگوی مدل اول به ۶ الگوی مؤثر در مدل نهم اختصاص دارد و سهم ۸ الگوی دیگر تنها ۱ درصد است. در بندر لنگه در مدل اول ۴۶ درصد و در مدل هشتم با ورود الگوهای مؤثر (TSA, ONI, NAO, AMO, NINO4, NINO3) ۴۵ درصد از تغییرات حداقل دما قابل تبیین است و سهم ۷ الگوی حذف‌شده از تغییرات آن تنها ۱ درصد می‌باشد. در جزیره کیش هم در مدل اول و هم در مدل نهم با ورود الگوهای مؤثرتر (TSA, NINO3, AMO, NINO1+2, NINO4, ONI) ۴۶ درصد از تغییرات حداقل دما توسط الگوهای موردبررسی تبیین می‌شود و ۸ الگوی دیگر تقریباً بی‌اثر هستند. در جزیره ابوموسی ۲۷ درصد از تغییرات این متغیر توسط الگوها و ۲۶ درصد از آن توسط الگوهای مؤثر در مدل هشتم قابل تبیین است. ۴۰ درصد از تغییرات حداقل دمای بندر جاسک توسط ۱۴ الگو و ۳۹ درصد از آن توسط الگوهای پراثر (TSA, ONI, TNI, AMO, NTA, NINO3) تبیین می‌شود و ۱۱ الگوی دیگر تنها ۱ درصد می‌باشد. در چابهار درصد تبیین تغییرات حداقل دما توسط الگوهای موردبررسی در شرایط ورود ۱۴ الگو و نیز در مدل نهم با ورود ۶ الگوی پراثر (TSA, ONI, AMO, NINO4, NINO3.4) ۲۶ درصد است.

در کل به‌طور خلاصه می‌توان گفت ONI (آرام حاره‌ای) در تبیین تغییرات حداقل دمای ۱۱ ایستگاه، NINO3 (آرام حاره‌ای) در تبیین تغییرات حداقل دمای ۱۰ ایستگاه، AMO (اطلس) در تبیین تغییرات حداقل دمای ۱۱ ایستگاه، NINO4 (آرام حاره‌ای)

و AMM (اطلس) در تبیین تغییرات حداقل دمای ۸ ایستگاه، TNA و TSA در تبیین تغییرات حداقل دمای ۶ ایستگاه، NINO1+2 (آرام حاره‌ای) در تبیین تغییرات حداقل دمای ۵ ایستگاه، NINO3.4 (آرام حاره‌ای) و NAO (اطلس) در تبیین تغییرات حداقل دمای ۴ ایستگاه، TNI (آرام حاره‌ای) در تبیین تغییرات حداقل دمای ۵ ایستگاه و QBO (آرام حاره‌ای) در تبیین تغییرات حداقل دمای ۳ ایستگاه مؤثرتر هستند. بر حسب موقعیت جغرافیایی نیز دو بیشینه طولی مشاهده می‌شود که بیشینه اولیه در ۵۰/۸ درجه (بوشهر) و بیشینه ثانویه در ۵۴/۸ درجه شرقی (بندر لنگه) قرار دارد و هر دو ایستگاه در نیمه غربی محدوده واقع هستند. همچنین بر حسب عرض جغرافیایی نیز TSA در تبیین تغییرات حداقل دمای ایستگاه امیدیه و ۸ ایستگاه واقع در عرض‌های پایین‌تر از ۲۷/۸ درجه شمالی (به‌استثنای میناب و جزیره ابوموسی) مهم‌ترین الگوی مؤثر است.

جزئیات بیشتر ضرایب همبستگی چندمتغیره و درصد تغییرات تبیین‌شده حداکثر دمای هوای ایستگاه‌ها توسط الگوهای اقیانوس اطلس و آرام حاره‌ای توسط مدل‌های رگرسیون (جدول ۴) به این نحو است که در ایستگاه اهواز با ورود تمامی ۱۴ الگو ۲۲ درصد از تغییرات حداکثر دمای هوا تبیین می‌گردد. در مدل ششم با حذف ۵ الگوی بی‌اثر NTA، NINO4، TSA، NINO1+2 و NINO3.4 نیز ۲۲ درصد از تغییرات این متغیر تبیین می‌شود. به عبارتی نقش الگوهای اشاره‌شده در تبیین تغییرات حداکثر دمای اهواز قابل چشم‌پوشی است. در ایستگاه امیدیه ضریب تبیین با ورود همه الگوها ۱۹ درصد است و در مدل هفتم با حذف ۶ الگو که جمعاً ۱ درصد از تغییرات حداکثر دما را توجیه می‌کردند و ورود الگوهای مؤثرتر (TNA، AMM، AMO، NAO و نینوها) ۱۸ درصد از تغییرات این متغیر قابل تبیین است. ۳۳ درصد از تغییرات حداکثر دمای آبادان توسط همه الگوها و ۳۱ درصد آن در مدل هشتم با حذف الگوهای کم‌اثر (NINO3.4، NINO4، NINO1+2، NTA، TSA و WHWP) قابل توجیه است.

جدول ۴. مقادیر R^2 و R بین متوسط حداکثر دمای هوای ایستگاه‌ها و الگوهای موردبررسی

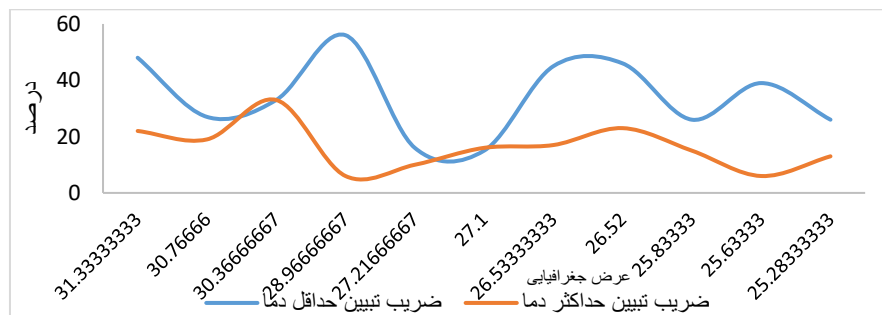
ایستگاه	ضریب همبستگی چند متغیره		درصد تغییرات تبیین شده		الگوهای مؤثر تر
	(R)		(R ²)		
	با ورود همه	با ورود الگوهای مؤثر تر	با ورود همه	مؤثر تر	
اهواز	۰/۴۷۷	۰/۴۷۶	۰/۲۲۸	۰/۲۲۷	ONI, QBO, NAO, TNI, AMM, WHWP, AMO, NINO3, TNA
امیدیه	۰/۴۴۵	۰/۴۳۳	۰/۱۹۸	۰/۱۸۷	NAO, AMO, AMM, NINO1+2, NINO4, TNA, NINO3, NINO3.4
آبادان	۰/۵۷۶	۰/۵۷۰	۰/۳۳۱	۰/۳۱۷	ONI, QBO, NAO, TNI, AMM, AMO, NINO3, TNA
بوشهر	۰/۲۶۳	۰/۲۵۵	۰/۰۶۹	۰/۰۶۵	TSA, ONI, QBO, NAO, TNI, AMM, NINO4, NINO3, NINO3.4
بندرعباس	۰/۳۲۳	۰/۳۱۸	۰/۱۰۵	۰/۱۰۱	TSA, QBO, NAO, AMM, NINO1+2, NINO4, NINO3, TNA, NINO3.4
میناب	۰/۴۰۲	۰/۳۹۴	۰/۱۶۲	۰/۱۵۵	ONI, NAO, QBO, AMM, TNI, AMO, NTA, NINO3
بندر لنگه	۰/۴۱۴	۰/۴۱۰	۰/۱۷۱	۰/۱۶۸	TSA, ONI, QBO, WHWP, AMO, NINO1+2, NINO4, NINO3, NINO3.4
جزیره کیش	۰/۴۸۶	۰/۴۸۱	۰/۲۳۶	۰/۲۳۱	TSA, TNI, NINO3, QBO, WHWP, AMO, ONI
جزیره ابوموسی	۰/۳۹۷	۰/۳۸۸	۰/۱۵۷	۰/۱۵۰	TSA, NINO1+2, WHWP, NINO3.4, NINO3
بندر جاسک	۰/۲۴۶	۰/۲۳۱	۰/۰۶۰	۰/۰۵۳	ONI, AMM, NINO1+2, NINO3, TNA, NINO3.4
چابهار	۰/۳۶۲	۰/۳۵۷	۰/۱۳۱	۰/۱۲۷	TSA, ONI, TNI, AMO, NINO1+2, NINO4, NINO3, TNA, NINO3.4

منبع: نگارندگان

در بوشهر در مدل اول با ورود همه الگوها و در مدل پنجم با حذف ۵ الگوی بی‌اثر (TNA، AMO، WHWP، NINO1+2 و NINO3.4) میزان تبیین تغییرات حداکثر دما ۶ درصد است که بسیار کمتر از درصد تبیین حداقل دمای این ایستگاه و نیز کمترین میزان ضریب تعیین حداکثر دما در بین ۱۷ ایستگاه مورد مطالعه می‌باشد. در بندرعباس در شرایط ورود همه الگوها ۱۲ درصد و با ورود الگوهای مؤثر ۱۰ درصد از تغییرات حداکثر دما قابل تبیین است. ۱۶ درصد از تغییرات حداکثر دمای میناب با ۱۴ الگو و ۱۵ درصد از آن ۸ الگوی مؤثر در مدل هفتم تبیین می‌گردد. در بندر لنگه در مدل اول ۱۷ درصد و در مدل ششم با ورود ۹ الگوی مؤثر

۱۶ درصد از تغییرات حداکثر دما قابل تبیین است و سهم ۵ الگوی حذف شده از تغییرات آن تنها ۱ درصد می باشد. در جزیره کیش هم در مدل اول و هم در مدل هشتم ۲۳ درصد از تغییرات حداکثر دما توسط الگوها تبیین می شود. در جزیره ابوموسی ۱۵ درصد از تغییرات این متغیر توسط الگوها قابل تبیین است. ۶ درصد از تغییرات حداکثر دمای بندر جاسک توسط ۱۴ الگو و ۵ درصد از آن توسط ۵ الگوهای مؤثر در مدل نهم قابل تبیین است. در چابهار درصد تبیین تغییرات حداکثر دما توسط الگوهای مورد بررسی در شرایط ورود ۱۴ الگو ۱۳ درصد و در مدل ششم با ۶ الگوی کم اثر ۱۲ درصد است.

در کل به طور خلاصه می توان گفت الگوی NINO3 (آرام حاره ای) در تبیین تغییرات حداکثر دمای ۱۱ ایستگاه سواحل جنوب، AMO و AMM (اطلس) در تبیین حداکثر دمای ۷ ایستگاه، NINO1+2 و NINO3.4، TNi و NINO4 (آرام حاره ای) در تبیین حداکثر دمای ۶ ایستگاه، QBO و ONI (آرام حاره ای) در تبیین حداکثر دمای ۷ ایستگاه، NAO و TSA (اطلس) در تبیین حداکثر دمای ۶ ایستگاه، WHWP (آرام حاره ای) در تبیین حداکثر دمای ۴ ایستگاه و TNA (اطلس) در تبیین حداکثر دمای ۴ ایستگاه مؤثرتر هستند. از نظر موقعیت جغرافیایی نیز دو بیشینه عرضی مشاهده می شود که هر دو (آبادان و اهواز) بالای ۳۰ درجه شمالی قرار دارند و هر دو ایستگاه در نیمه غربی محدوده واقع هستند. ترسیم نمودار ضرایب همبستگی حداقل و حداکثر دمای ایستگاه ها بر حسب عرض جغرافیایی (شکل ۴) نشان می دهد عرض جغرافیایی که بیشترین میزان ضریب تبیین حداقل دما به آن تعلق دارد (ایستگاه بوشهر واقع در ۲۸/۹ درجه شمالی)، دقیقاً منطبق با کمترین ضریب تبیین محاسبه شده برای حداکثر دما است.



شکل ۴. ضرایب تبیین حداقل و حداکثر دما مرتب شده بر حسب عرض جغرافیایی ایستگاه ها (منبع: نگارندگان)

۴.۴. بررسی قطعیت وجود رابطه خطی بین الگوها و دمای هوای سواحل جنوب با تحلیل واریانس رگرسیون

بررسی تحلیل واریانس رگرسیون بین متغیرهای مستقل (الگوهای مورد بررسی) و وابسته (حداقل و حداکثر دمای هوای ایستگاه های سواحل جنوبی ایران) مشخص کرد (جدول ۵ و ۶) که فرض خطی بودن ارتباط بین این الگوها و دمای هوای ایستگاه های تأیید می شود زیرا مقدار سطح معنی داری در تمامی ۱۱ ایستگاه کمتر از ۵ درصد است. این ادعا همچنین از مشاهده نمودار P-P plot که توزیع باقی مانده های استاندارد شده رگرسیون را برای متغیر وابسته بر روی یک خط ترسیم و نمایش می دهد نیز قابل تأیید است (شکل ۵).

جدول ۵. تحلیل واریانس رگرسیون بین حداقل دمای هوای ایستگاه ها و الگوهای مورد مطالعه

ایستگاه	مجموع مربعات (SST)	درجه ی آزادی (df)	میانگین مربعات	F	Sig.
اهواز	رگرسیون	۱۱	۲۹/۶۳	۶۰/۳۸	۰/۰۰۰
	باقیمانده	۶۹۶	۰/۴۹		
	مجموع	۷۰۷			
امیدیه	رگرسیون	۹	۱۲/۴۷	۱۷/۹۸	۰/۰۰۰
	باقیمانده	۴۲۴	۰/۶۹		
	مجموع	۴۳۳			
آبادان	رگرسیون	۷	۲۹/۹۶	۴۹/۹۲	۰/۰۰۰
	باقیمانده	۷۰۱	۰/۶۰		
	مجموع	۷۰۸			

ایستگاه	مجموع مربعات (SST)	درجه‌ی آزادی (df)	میانگین مربعات	F	Sig.
بوشهر	رگرسیون	۱۰	۳۶/۷۴	۸۹/۷۹	۰/۰۰۰
	باقیمانده	۶۹۸	۰/۴۰۹		
	مجموع	۷۰۸			
بندرعباس	رگرسیون	۸	۱۳/۷۶	۱۷/۰۹	۰/۰۰۰
	باقیمانده	۷۰۱	۰/۸۰۵		
	مجموع	۷۰۹			
میناب	رگرسیون	۶	۹/۴۶	۱۲/۲۴	۰/۰۰۰
	باقیمانده	۴۱۵	۰/۷۷۳		
	مجموع	۴۲۱			
بندر لنگه	رگرسیون	۷	۴۱/۲۹	۷۷/۱۱	۰/۰۰۰
	باقیمانده	۶۴۲	۰/۵۳۵		
	مجموع	۶۴۹			
جزیره کیش	رگرسیون	۶	۳۳/۳۵	۶۴/۶۸	۰/۰۰۰
	باقیمانده	۴۵۱	۰/۵۱۶		
	مجموع	۴۵۷			
ابوموسی	رگرسیون	۷	۱۵/۳۹	۲۳/۰۹	۰/۰۰۰
	باقیمانده	۴۲۶	۰/۶۶۷		
	مجموع	۴۳۳			
جاسک	رگرسیون	۸	۲۶/۵۶	۴۴/۸۴	۰/۰۰۰
	باقیمانده	۵۵۰	۰/۵۲۹		
	مجموع	۵۵۸			
چابهار	رگرسیون	۶	۲۶/۷۵	۳۷/۵۳	۰/۰۰۰
	باقیمانده	۶۴۲	۰/۷۱۳		
	مجموع	۶۴۸			

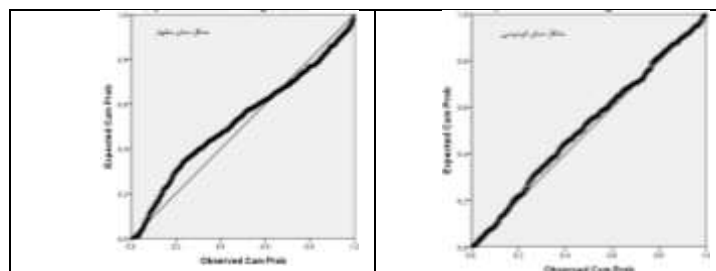
منبع: نگارندگان

جدول ۶. تحلیل واریانس رگرسیون بین حداکثر دمای هوای ایستگاه‌ها و الگوهای مورد مطالعه

ایستگاه	مجموع مربعات (SST)	درجه‌ی آزادی (df)	میانگین مربعات	F	Sig.
اهواز	رگرسیون	۹	۱۶/۰۶	۲۲/۷۴	۰/۰۰۰
	باقیمانده	۶۹۸	۰/۷۰۶		
	مجموع	۷۰۷			
امیدیه	رگرسیون	۸	۹/۱۲	۱۲/۲۵	۰/۰۰۰
	باقیمانده	۴۲۵	۰/۷۴۵		
	مجموع	۴۳۳			
آبادان	رگرسیون	۸	۲۷/۴۰	۴۲/۱۱	۰/۰۰۰
	باقیمانده	۷۰۰	۰/۶۵۱		
	مجموع	۷۰۸			
بوشهر	رگرسیون	۹	۴/۹۲	۵/۴۲۰	۰/۰۰۰
	باقیمانده	۶۹۹	۰/۹۰۹		
	مجموع	۷۰۸			
بندرعباس	رگرسیون	۹	۷/۴۵	۸/۷۵۸	۰/۰۰۰
	باقیمانده	۷۰۰	۰/۸۵۱		
	مجموع	۷۰۹			
میناب	رگرسیون	۸	۷/۳۷	۹/۴۷	۰/۰۰۰
	مجموع				

ایستگاه	مجموع مربعات (SST)	درجه‌ی آزادی (df)	میانگین مربعات	F	Sig.
باقیمانده	۳۲۰/۹۵	۴۱۲	۰/۷۷۹		
مجموع	۳۷۹/۹۹	۴۲۰			
رگرسیون	۱۰۴/۰۳	۹	۱۱/۵۶	۱۴/۳۳	۰/۰۰۰
باقیمانده	۵۱۶/۰۷	۶۴۰	۰/۸۰۶		
مجموع	۶۱۰/۱۱	۶۴۹			
رگرسیون	۱۰۰/۱۳	۷	۱۴/۳۰	۱۹/۳۳	۰/۰۰۰
باقیمانده	۳۳۲/۹۶	۴۵۰	۰/۷۴۰		
مجموع	۴۳۳/۱۰	۴۵۷			
رگرسیون	۴۸/۵۷	۵	۹/۷۱	۱۵/۱۵	۰/۰۰۰
باقیمانده	۲۷۴/۳۶	۴۲۸	۰/۶۴۱		
مجموع	۳۲۲/۹۳	۴۳۳			
رگرسیون	۲۹/۱۸	۶	۴/۸۶	۵/۱۸	۰/۰۰۰
باقیمانده	۵۱۸/۱۱	۵۵۲	۰/۹۳۹		
مجموع	۵۴۷/۲۹	۵۵۸			
رگرسیون	۸۳/۴۱	۹	۹/۲۶	۱۰/۳۴	۰/۰۰۰
باقیمانده	۵۷۲/۲۷	۶۳۹	۰/۸۹۶		
مجموع	۶۵۵/۶۸	۶۴۸			

منبع: نگارندگان



شکل ۵. نمودار توزیع باقی‌مانده‌ها برای دمای ایستگاه‌ها با الگوهای اقیانوس آرام (منبع: نگارندگان)

۴.۵. فراوانی همبستگی معنی‌دار بین متوسط حداقل دمای ایستگاه‌ها و شاخص‌های موردبررسی به تفکیک هر ماه و ایستگاه

آزمون همبستگی پیرسون برای آشکارسازی نوع و میزان همبستگی در سطح معنی‌داری ۹۵ و ۹۹ درصد بین متوسط حداقل و حداکثر دمای ۱۱ ایستگاه سواحل جنوب با ۱۴ الگوی دورپیوند برای هر ماه به‌طور جداگانه نیز محاسبه شد که برای هر متغیر ۱۲ جدول تنظیم گردید. در اینجا به‌دلیل محدودیت حجم از آوردن ۲۴ جدول پرهیز شد و خلاصه آن‌ها در ۴ جدول (۷ تا ۱۰) ارائه می‌شود.

مطابق جدول (۷) تقریباً در ۱۱ ایستگاه، ۳ الگوی اطلس شامل AMO، TNA و NTA در بیشترین ماه‌ها همبستگی معنی‌دار با حداقل دما دارند. تنها در میناب است که الگوی WHWP (آرام حاره‌ای) در بیشترین ماه‌های آن‌ها دارای همبستگی معنی‌دار (۴ تا ۶ ماه) با حداقل دما است که این الگو در میناب به‌طور مشترک با الگوی NTA در ۶ ماه همبستگی معنی‌دار با حداقل دما دارد. البته الگوی TSA نیز بعد از سه الگوی اطلس در ماه‌های زیادی همبستگی معنی‌دار با حداقل دمای ایستگاه‌ها دارد. الگوی AMO از نظر بیشترین تعداد ماه دارای همبستگی معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد با حداقل دمای اهواز، بوشهر و کیش در همه ۱۲ ماه، با حداقل دمای آبادان و چابهار در ۱۱ ماه، با حداقل دمای ابوموسی و جاسک در ۱۰ ماه، حداقل دمای امیدیه در ۹ ماه و با حداقل دمای بندرعباس در ۷ ماه از سال در مرتبه اول قرار دارد.

جدول ۷. فراوانی ماه‌های دارای همبستگی معنی‌دار بین متوسط حداقل دمای ایستگاه‌ها و شاخص‌های مورد بررسی به تفکیک هر ایستگاه

	TSA	TNA	AMM	AMO	NTA	NAO	NINO1+2	NINO3	NINO3.4	NINO4	ONI	WHWP	QBO	TNI	
اهواز	۱۱	۱۱	۵	۱۲	۱۱	۱	۱	۲	۳	۶	۱	۸		۵	
امیدیه	۷	۵	۱	۹	۵	۳			۱	۱	۱	۴	۲	۱	
آبادان	۱۰	۱۱	۵	۱۱	۱۱	۲	۲	۱	۳	۴	۱	۸		۵	
بوشهر	۱۱	۱۱	۶	۱۲	۱۲	۲	۲	۱	۲	۲		۷			
بندرعباس	۴	۷	۴	۷	۶	۲	۲			۱	۱	۵		۱	
میناب	۵	۶	۱	۳	۱		۱		۱	۲	۱	۶		۱	
بندر لنگه	۱۰	۱۰	۷	۱۱	۱۲	۱	۱		۱	۱		۶	۱		
کیش	۹	۱۰	۴	۱۲	۱۰		۳	۲	۱	۷		۷	۲	۱	
ابوموسی	۳	۹	۷	۱۰	۸	۱	۱			۱	۱	۵			
جاسک	۹	۱۰	۷	۱۰	۱۰	۲	۱		۱			۶			
چابهار	۸	۹	۴	۱۱	۹				۲	۵		۷		۵	

منبع: نگارندگان

همچنین الگوی TNA از نظر داشتن همبستگی معنی‌دار در بیشترین تعداد ماه‌های بوشهر، ماهشهر و آبادان (۱۱ ماه)، بندر جاسک (۱۰ ماه)، بندرعباس (۷ ماه)، میناب (۶ ماه)، در مرتبه اول قرار دارد. در بندر لنگه در ۱۲ ماه، آبادان در ۱۱ ماه، جاسک در ۱۰ ماه همبستگی معنی‌داری بین حداقل دما و الگوی NTA وجود دارد. TSA نیز بعد از سه الگوی دیگر اطلس جز الگوهای دارای همبستگی معنی‌دار با حداقل دمای ایستگاه‌ها در حداکثر ۱۱ ماه از سال است. میزان همبستگی‌ها بین ۰/۲۵ تا ۰/۷۳ و نوع همه همبستگی‌های یادشده از نوع مستقیم ناقص است. تنها الگوهای NAO و NTI هستند که نوع همبستگی آن‌ها در تمامی موارد دارای همبستگی معنی‌دار از نوع معکوس ناقص می‌باشد. به عبارتی با تقویت این الگوها، حداقل دما در ایستگاه‌های جنوبی کاهش و با تضعیف آن‌ها افزایش پیدا می‌کند. در کل بررسی همبستگی بین الگوها با حداقل دمای ایستگاه‌ها در ۱۲ ماه نشان داد که الگوهای اطلس (AMO، TNA، NTA و در مرتبه دوم TSA) در مقایسه با الگوهای آرام حاره‌ای در تعداد زیادی از ماه‌ها با حداقل دمای ایستگاه‌ها همبستگی معنی‌دار (از نوع مستقیم ناقص) دارند. الگوی WHWP تنها الگوی آرام حاره‌ای است که با حداقل دمای ۶ ماه میناب دارای همبستگی معنی‌دار است. در ادامه به معرفی الگوهایی که در هر ماه با حداقل دمای بیشترین تعداد ایستگاه محدوده دارای همبستگی معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد بودند، می‌پردازیم (جدول ۸). در ژانویه از بین ۱۴ الگو، الگویی که با حداقل دمای بیشترین شمار ایستگاه‌ها دارای همبستگی معنی‌دار می‌باشد، TNA است که همبستگی آن در ۱۱ ایستگاه بین ۰/۳۶ تا ۰/۵۵ در سطح اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد محاسبه شد. الگوی TSA از این نظر با داشتن همبستگی معنی‌دار با حداقل دمای ۱۰ ایستگاه در مرتبه دوم قرار دارد. همچنین اوج اثرگذاری الگوی TNI در ژانویه مشاهده می‌شود که چنانچه در بالا اشاره شد همبستگی معکوس ناقص با ۳ ایستگاه اهواز، امیدیه و آبادان - که در عرض‌های بالاتری قرار دارند - دارد. در فوریه دو الگوی TNA و AMO با حداقل دمای ۱۱ و ۱۰ ایستگاه سواحل جنوب همبستگی مستقیم به میزان ۰/۲۹ تا ۰/۵۴ دارند. در مارس الگوی NAO با حداقل دمای ۱۰ ایستگاه همبستگی معکوس معنی‌دار به میزان ۰/۲۶ تا ۰/۵۲ در سطح اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد دارد. در آوریل الگوی TSA با حداقل دمای ۱۱ ایستگاه دارای همبستگی مستقیم ناقص بین ۰/۲۸ تا ۰/۶۰ در سطح اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد است. در ماه می الگوی AMO با حداقل دمای ۱۰ ایستگاه همبستگی بین ۰/۳۲ تا ۰/۵۶ در سطح اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد دارد. در ژوئن بین حداقل دمای ۱۱ ایستگاه با یکی از الگوهای متعلق به آرام حاره‌ای یعنی WHWP به میزان ۰/۳۲ تا ۰/۶۷ همبستگی معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد وجود دارد.

جدول ۸. فراوانی ایستگاه‌های دارای همبستگی معنی‌دار از حیث متغیر متوسط حداقل دمای ایستگاه‌ها و شاخص‌های موردبررسی در ۱۲ ماه

TSA	TNA	AMM	AMO	NTA	NAO	NINO1+2	NINO3	NINO3.4	NINO4	ONI	WHWP	QBO	TNI	
۱۰	۱۱	۸	۸	۷		۱			۳	۱	۱	۲	۵	ژانویه
۶	۱۱	۷	۱۰	۹	۲			۱	۱				۲	فوریه
۹	۷	۲	۹	۸	۱۰						۱		۲	مارس
۱۱	۵		۱۰	۵	۱	۳		۱		۴	۳	۳	۲	آوریل
۷	۵	۱	۱۰	۷	۲	۱	۳	۳	۲	۱	۵		۱	می
۱۰	۱۰	۱	۱۰	۱۰	۲	۱	۲	۱	۵		۱۱	۱	۱	ژوئن
۱۱	۱۱		۱۰	۱۰			۱	۱	۳		۱۰			ژوئیه
۱۰	۱۱	۵	۹	۹	۴	۱	۱		۳	۱	۱۰			اوت
۸	۹	۶	۱۱	۱۰		۱			۱		۱۱			سپتامبر
۹	۱۰	۱۰	۱۱	۱۰	۷	۷	۹	۸	۱۰	۷	۱۰		۳	اکتبر
۲	۷	۷	۱۱	۷		۱	۱	۱	۳	۲	۱۰		۳	نوامبر
۵	۱۰	۶	۱۱	۸	۲							۱	۲	دسامبر

منبع: نگارندگان

در ژوئیه الگوی که بیشترین شمار ایستگاه‌های محدوده مورد مطالعه همبستگی معنی‌داری با آن دارند، الگوی TSA است که با حداقل دمای ۱۱ ایستگاه دارای ضریب همبستگی بین ۰/۲۹ تا ۰/۵۶ می‌باشد. الگوهای AMO، WHWP و TNA نیز با حداقل دمای اغلب ایستگاه‌ها همبستگی معنی‌دار دارند. در اوت الگوی TNA با حداقل دمای ۱۱ ایستگاه محدوده همبستگی بین ۰/۳۶ تا ۰/۶۹ در سطح اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد دارد و الگوهای WHWP و TSA با پوشش ۱۰ ایستگاه و ضریبی بین ۰/۲۷ تا ۰/۷۳ در مرتبه دوم قرار دارند. در سپتامبر بین دو الگوی WHWP و AMO با حداقل دمای ۱۱ ایستگاه سواحل جنوب همبستگی معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد مشاهده می‌شود که ضرایب آن‌ها بین ۰/۲۶ تا ۰/۷۲ و ۰/۲۷ تا ۰/۷۳ می‌باشد. در اکتبر بین الگوی AMO و حداقل دمای ۱۱ ایستگاه همبستگی معنی‌دار به میزان ۰/۳۴ تا ۰/۷۴ در سطح اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد محاسبه شد و الگوهای TNA، AMM، WHWP و NINO4 با داشتن همبستگی معنی‌دار با حداقل دمای ۱۲ یا ۱۱ ایستگاه در مراتب بعدی قرار گرفتند. در نوامبر حداقل دمای ۱۱ ایستگاه با الگوی AMO همبستگی معنی‌دار به میزان ۰/۲۸ تا ۰/۷۴ در سطح اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد دارند و الگوی WHWP از این حیث با داشتن رابطه معنی‌دار با حداقل دمای ۱۰ ایستگاه در ردیف دوم قرار می‌گیرد. در دسامبر بین حداقل دمای ۱۰ ایستگاه با الگوی AMO همبستگی معنی‌دار به میزان ۰/۳۵ تا ۰/۷۱ در سطح اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد برقرار است و الگوی TNA از این حیث در مرتبه دوم قرار دارد. همچنین در این ماه تنها سه رابطه معنی‌دار بین الگوهای آرام حاره‌ای (TNI و QBO) و حداقل دمای ایستگاه‌ها وجود دارد و سایر الگوهای آرام همبستگی با این ایستگاه‌ها نشان نمی‌دهند.

در کل، ثقل بیشینه فراوانی‌ها به سمت الگوهای اطلس متمایل است و الگوهای آرام حاره‌ای با تعداد کمی از حداقل دمای ایستگاه‌ها همبستگی معنی‌دار دارند به‌ویژه در ماه‌های سرد و به‌خصوص الگوهای نینوها این مورد محسوس‌تر است. در ژانویه، الگوی TNA؛ در فوریه الگوی TNA؛ در مارس الگوی NAO؛ در آوریل الگوی TSA؛ در می الگوی AMO؛ در ژوئن الگوی WHWP؛ در ژوئیه الگوی TSA؛ در اوت الگوی TNA؛ در سپتامبر الگوهای WHWP و AMO؛ در اکتبر، نوامبر و دسامبر الگوی AMO با حداقل دمای بیشترین ایستگاه‌های محدوده مورد مطالعه همبستگی معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد دارند. به عبارتی در ۶ ماه از سال الگوی AMO با این متغیر در بیشترین ایستگاه‌ها دارای همبستگی معنی‌دار است.

۴.۶. فراوانی همبستگی معنی‌دار بین متوسط حداکثر دمای ایستگاه‌ها و شاخص‌های موردبررسی به تفکیک هر ماه و ایستگاه

مطابق جدول (۹) در آبادان حداکثر دمای ۱۱ ماه با الگوهای NTA و AMO، در اهواز حداکثر دمای ۱۰ ماه با الگوهای TNA و

TSA، در بندر لنگه حداکثر دمای ۹ ماه با الگوی AMO، در جزیره ابوموسی حداکثر دمای ۹ ماه با الگوی TSA همبستگی معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد و بالاتر دارند. حداکثر دمای ۸ ماه در امیدیه با الگوهای AMO و TNA، ۷ ماه در بندر جاسک با الگوهای AMO و TSA و در بوشهر با الگوی TNA همبستگی معنی‌دار دارند. بیشترین فراوانی همبستگی معنی‌دار بین حداکثر دمای بندرعباس با الگوی AMO و در میناب با الگوهای ONI و AMO در ۵ ماه از سال مشاهده گردید. حداکثر دمای ۴ ماه از سال در چابهار با الگوی AMO همبستگی معنی‌دار دارد. بین حداکثر دمای تنها ۳ ماه از سال در جزیره کیش با الگوی AMO همبستگی معنی‌دار وجود دارد. در کل بررسی همبستگی بین الگوها با حداکثر دمای ایستگاه‌ها در ۱۲ ماه نشان داد که الگوهای اطلس (AMO، TSA و TNA) در مقایسه با الگوهای آرام حاره‌ای در تعداد زیادی از ماه‌ها با حداکثر دمای ایستگاه‌ها همبستگی معنی‌دار (از نوع مستقیم ناقص) دارند. الگوهای آرام حاره‌ای با حداکثر دمای ایستگاه‌ها در نهایت در ۵ ماه یا کمتر همبستگی معنی‌دار دارند.

جدول ۹. فراوانی ماه‌های دارای همبستگی معنی‌دار بین متوسط حداکثر دمای ایستگاه‌ها و شاخص‌های موردبررسی به تفکیک هر ایستگاه

	TSA	TNA	AMM	AMO	NTA	NAO	NINO1+2	NINO3	NINO3.4	NINO4	ONI	WHWP	QBO	TNI
اهواز	۱۰	۱۰	۳	۱۱	۹	۳	۲	۲	۲	۱	۲	۵	۱	
امیدیه	۵	۸	۵	۸	۳	۴			۲		۳	۴	۲	
آبادان	۸	۱۰	۷	۱۱	۱۱	۵	۱	۱	۱	۱	۱	۴	۱	۲
بوشهر	۳	۶	۳	۴	۳	۱	۱	۱	۱	۲	۲	۲	۱	۲
بندرعباس	۳	۵	۲	۵	۴	۱	۳	۱	۲		۳	۲	۱	
میناب	۲	۳	۲	۵	۳	۱	۲	۲	۳	۱	۵	۳		
بندر لنگه	۶	۸	۶	۹	۶	۲	۲	۲	۱		۲	۴		۱
کیش	۱	۲		۳	۳	۱	۱				۲		۱	۱
ابوموسی	۹	۵	۳	۵	۳	۱	۱	۱	۲	۲	۲	۵		
جاسک	۷	۶	۵	۷	۵	۲	۳	۳	۴	۳	۴	۴		
چابهار	۳	۱	۱	۴	۳	۱	۱	۱	۱	۳	۲	۱		۲

منبع: نگارندگان

در این بخش به معرفی الگوهایی که در هر ماه با حداکثر دمای بیشترین تعداد ایستگاه محدوده دارای همبستگی معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد بودند، می‌پردازیم (جدول ۱۰). بیشترین فراوانی همبستگی معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد بین حداکثر دمای ایستگاه‌ها در ژانویه با الگوی TSA (۹ ایستگاه)، در فوریه با الگوی AMO (۸ ایستگاه)، در مارس با الگوی NAO (۱۰ ایستگاه)، در آوریل با الگوی ONI (۱۰ ایستگاه)، در می با الگوی AMO (۵ ایستگاه)، در ژوئن با الگوی WHWP (۱۰ ایستگاه)، در ژوئیه با الگوهای AMO، TNA و TSA (۶ ایستگاه)، در اوت با الگوهای WHWP، AMO و TSA (۹ ایستگاه)، در سپتامبر با الگوی WHWP (۱۰ ایستگاه)، در اکتبر با الگوی TNA (۱۰ ایستگاه)، در نوامبر با الگوی AMM (۱۰ ایستگاه) و در دسامبر با الگوهای ONI، AMM و TNA (۱۰ ایستگاه) به دست آمد. چند نکته در این مورد قابل ذکر است: (۱) در مقایسه با حداقل دما، در همه ماه‌ها به جز مارس، از تعداد ایستگاه‌های دارای بیشترین فراوانی معنی‌دار با الگوی غالب کاسته شده است. (۲) الگوی AMO که از نظر حداقل دما با بیشترین تعداد ایستگاه‌ها در ۶ ماه از سال همبستگی معنی‌دار داشت اکنون تنها در سه ماه فوریه، می و ژوئیه بیشترین ایستگاه را پوشش می‌دهد. (۳) الگوی NAO همچنان همانند حداقل دما از نظر حداکثر دما نیز در مارس با بیشترین تعداد ایستگاه‌ها همبستگی معنی‌دار دارد. (۴) الگوی WHWP در سه ماه ژوئن، اوت و سپتامبر نسبت به سایر الگوها در این ماه‌ها با بیشترین تعداد ایستگاه‌ها از نظر متغیر حداکثر دمای ایستگاه‌ها همبستگی معنی‌دار دارد. (۵) در اوت و دسامبر هم از الگوهای آرام حاره‌ای و هم از الگوهای اطلس با بیشترین شمار ایستگاه‌ها دارای همبستگی معنی‌دار هستند. همچنین در آوریل و دسامبر الگوی ONI نیز با بیشترین شمار ایستگاه‌ها دارای همبستگی معنی‌دار است.

میزان همبستگی الگوهایی که در هر ماه نسبت به سایر الگوها با حداکثر دمای بیشترین تعداد ایستگاه‌ها همبستگی معنی‌دار

در سطح اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد دارند، به این صورت است که همبستگی TSA با حداکثر دمای ژانویه ۹ ایستگاه بین ۰/۲۵ تا ۰/۴۹ محاسبه شد. در فوریه الگوی AMO با حداکثر دمای ۸ ایستگاه محدوده همبستگی بین ۰/۲۴ تا ۰/۴۱ در سطح اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد دارد. در مارس الگوی NAO با حداکثر دمای ۱۰ ایستگاه سواحل جنوب همبستگی منفی به میزان ۰/۳۲- تا ۰/۶۲- دارند. در آوریل میزان همبستگی بین الگوی ONI با حداکثر دمای ۱۰ ایستگاه بین ۰/۲۷- تا ۰/۴۷- به دست آمد. نکته جالب توجه در مارس این است که رابطه معکوس ناقص بین الگوهای آرام (ONI و بخصوص نینوها) با حداکثر دمای ایستگاهها بیشتر از هر ماه دیگری برقرار است. در ماه می الگوی AMO با حداکثر دمای ۵ ایستگاه محدوده همبستگی بین ۰/۲۹ تا ۰/۴۹ در سطح اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد دارد. در ژوئن الگوی WHWP با حداکثر دمای ۱۰ ایستگاه محدوده دارای همبستگی بین ۰/۳۵ تا ۰/۵۴ در سطح اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد دارد و الگوی AMO با داشتن همبستگی با ۹ ایستگاه در مرتبه دوم قرار دارند. در ژوئیه بین حداکثر دمای ۶ ایستگاه و الگوهای AMO، TNA و TSA به میزان ۰/۲۸ تا ۰/۵۶ همبستگی معنی دار در سطح اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد وجود دارد. همبستگی معنی دار حداکثر دمای ۹ ایستگاه با الگوهای WHWP، AMO و TSA در اوت بین ۰/۳۴ تا ۰/۷۲ در سطح اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد محاسبه شد. در سپتامبر بین الگوی WHWP و حداکثر دمای ۱۰ ایستگاه همبستگی معنی دار بین ۰/۳۴ تا ۰/۶۱ در سطح اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد وجود دارد. همبستگی معنی دار بین حداکثر دمای اکتبر در ۱۰ ایستگاه و الگوی TNA بین ۰/۲۶ تا ۰/۵۸ مشاهده گردید. همبستگی معنی دار حداکثر دمای ۱۰ ایستگاه در نوامبر با الگوی AMM به میزان ۰/۳۰ تا ۰/۶۴ در سطح اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد به دست آمد. در دسامبر همبستگی معنی دار بین حداکثر دمای ۱۰ ایستگاه سواحل جنوب با الگوی ONI (۰/۲۶- تا ۰/۴۲-) و AMM و TNA (۰/۳۲ تا ۰/۶۶) مشاهده گردید.

درباره ارتباط معنی دار بین WHWP در ماههای گرم با حداقل و حداکثر دمای بیش از نیمی از ایستگاههای سواحل جنوب می توان گفت روند افزایشی شمار همبستگیهای معنی دار بین حداقل دمای ایستگاهها و الگوی WHWP تقریباً مقارن افزایش گرمایش اتمسفر و ماه می شروع می شود و به همبستگی معنی دار با حداقل دمای ۱۲ ایستگاه در نوامبر منتهی می شود که نشان می دهد ارتباط بین این الگو و اثر همزمان آن بر حداقل دمای ایستگاهها بازتابی از گرمایش بیشتر سطوح آبی غرب اقیانوس آرام و انتقال بیشتر انرژی به مناطق دورتر باشد. همچنین وجود بیشینه فراوانی همبستگی معنی دار بین این الگو و حداکثر دما در ژوئن تا اکتبر تأییدی بر این مطلب است.

جدول ۱۰. فراوانی ایستگاههای با همبستگی معنی دار از حیث متغیر متوسط حداکثر دمای ایستگاهها و شاخصهای مورد بررسی

در ۱۲ ماه

TSA	TNA	AMM	AMO	NTA	NAO	NINO1+2	NINO3	NINO3.4	NINO4	ONI	WHWP	QBO	TNI
۹	۷	۲	۴	۲	۲							۲	ژانویه
۵	۷	۲	۸	۶								۲	فوریه
۶	۵	۱	۵	۳	۱۰			۳	۱	۶			مارس
۸			۵	۲		۷	۳	۹	۶	۱۰		۲	آوریل
۴		۲	۵	۳	۳			۱	۲	۱	۱		می
۸	۷		۹	۵	۱				۲	۱	۱۰		ژوئن
۶	۶		۶	۵				۱			۴	۲	ژوئیه
۹	۸	۵	۹	۷	۷				۱		۹		اوت
۹	۹	۶	۹	۶							۱۰		سپتامبر
۹	۱۰	۹	۹	۱۰	۱	۲	۲	۲	۲	۴	۹		اکتبر
۱	۵	۱۰	۹	۴	۲	۸	۸	۸	۶	۸	۱		نوامبر
۱	۱۰	۱۰	۸	۶		۲	۷	۷	۲	۱۰			دسامبر

منبع: نگارندگان

۵. نتیجه‌گیری

این پژوهش به شناسایی ارتباط بین تغییرات حداقل و حداکثر دمای ایستگاه‌های واقع در جلگه‌ها و سواحل جنوبی ایران با الگوهای اقیانوس اطلس و آرام حاره‌ای با استفاده از تحلیل همبستگی پیرسون و تجزیه و تحلیل رگرسیون چندمتغیره پس‌رونده پرداخته است. برای این منظور از داده‌های ۱۱ ایستگاه سینوپتیک و ۱۴ الگوی دورپیوند طی دوره آماری ۴۰ ساله (۱۹۸۵-۲۰۲۴) استفاده گردید. نتایج محاسبه همبستگی بدون تأخیر زمانی سری زمانی دمای ماهانه با الگوهای مورد مطالعه نشان داد که بیشترین درصد همبستگی متوسط حداقل دما به ترتیب با الگوی AMO (۰/۵۶)، NTA (۰/۵)، (۰/۴۶) WHWP، (۰/۴۳) TSA، (۰/۴۱)، AMM (۰/۳۱)، NINO4 (۰/۲۹)، NAO (۰/۲۲)، TNI (۰/۲۰)، NINO3 (۰/۱۹)، NINO3.4 (۰/۱۷)، NINO1+2 (۰/۱۵)، ONI (۰/۱۴) و QBO (۰/۱۳) و بیشترین درصد همبستگی متوسط حداکثر دمای محدوده به ترتیب با الگوی AMO (۰/۷۶)، ONI (۰/۶۳)، NINO3.4 (۰/۵۰)، TSA (۰/۴۰)، NTA (۰/۳۷)، WHWP (۰/۳۰)، TNI (۰/۲۵)، NAO (۰/۲۴)، AMM (۰/۲۳)، NINO3 (۰/۱۸)، NINO1+2 (۰/۱۶)، NINO4 (۰/۱۴) و QBO (۰/۱۴) به دست آمد. همچنین از بین الگوهای آرام حاره‌ای، الگوی WHWP و از بین الگوهای اطلس الگوی AMO بالاترین میزان همبستگی را با حداقل دمای ایستگاه‌ها دارد و بیشترین میزان همبستگی بین حداقل دمای ماهانه سواحل جنوب با الگوهای اطلس بزرگ‌تر از مقادیر بیشینه همبستگی آن‌ها با الگوهای آرام حاره‌ای است. مطابق نتایج محاسبه همبستگی چندگانه برای الگوها و دمای ایستگاه‌ها، ۵۶-۱۶ درصد از تغییرات حداقل دما و ۳۱-۶ درصد از تغییرات حداکثر دمای ایستگاه‌ها توسط الگوها تبیین می‌شود و لذا توان تبیین الگوها در تغییرات دو مؤلفه دمایی سواحل جنوب نسبتاً خوب ارزیابی می‌شود که مؤید نتایج پژوهش صلاحی و همکاران (الف ۱۴۰۳) است. بیشترین ضریب تبیین حداقل و حداکثر دما به ترتیب مربوط به اهواز و آبادان است. مدل‌های رگرسیون چندمتغیره نشان دادند که در تبیین تغییرات دما در حداقل دو سوم ایستگاه‌های مطالعه شده، الگوهای حاره‌ای الگوهای پراثر هستند. الگوهای ONI، NINO3، (آرام حاره‌ای) و AMO (نوسان چند دهه‌ای اطلس) در تبیین حداقل دمای ایستگاه‌ها و AMO، NINO3 و AMM در تبیین حداکثر دمای این ایستگاه‌ها مؤثر هستند. بر اساس مدل‌های رگرسیونی مؤثر بودن الگوهای ONI، NINO3 و AMO بر حداقل و حداکثر دمای ایستگاه‌ها حاکی از تأثیرپذیری زیاد آن‌ها از SST آرام و اطلس است. در مجموع می‌توان گفت الگوهای اطلس و آرام حاره‌ای بر روی حداقل و حداکثر دمای ایستگاه‌های سواحل جنوب اثرگذار هستند. نحوه اثرگذاری الگوها به این صورت است که اثرات الگوهای اطلس (مانند NTA و AMO) به واسطه اثرگذاری در مسیر سامانه‌های مدیترانه و محل فرود مدیترانه و پرفشار جنب‌حاره‌ای آזור و نیز تغییرات SST بر عناصر اقلیمی ایران نمود پیدا می‌کند و این مکانیسم ممکن است در ایستگاه‌های غربی (مانند آبادان) با شدت بیشتری مشاهده شود. تأثیر این الگوها بیشتر از طریق تغییرات دمای سطح آب (SST) در اقیانوس هند و خلیج فارس اعمال می‌شود اثرگذاری الگوهای آرام حاره‌ای نیز از طریق تغییرات دمایی سطوح آبی پیوسته اقیانوس‌های آرام و هند و به تبعیت از آن در دریای عمان و خلیج فارس توان بروز می‌یابد (اسماعیلی و همکاران، ۱۳۹۹) و بدین نحو الگوهای آرام حاره‌ای (مانند WHWP و NINO3) می‌توانند بر ایستگاه‌های شرقی (مانند چابهار) تأثیر متفاوتی بگذارند. این تفاوت در مکانیسم‌ها منجر به عدم یکنواختی ضرایب همبستگی حتی در ایستگاه‌های با موقعیت جغرافیایی مشابه می‌شود. همچنین ویژگی‌های محلی و میکروکلیمایی نیز می‌توانند در این بروز این تفاوت نقش داشته باشند. اگرچه ایستگاه‌های مورد مطالعه در جلگه‌ها و سواحل جنوبی ایران واقع شده‌اند، اما تفاوت‌های محلی در عواملی مانند فاصله از خط ساحلی، پوشش گیاهی، فعالیت‌های انسانی (شهرنشینی، صنعت) و توپوگرافی محلی (مانند وجود تپه‌های ماسه‌ای یا اراضی باتلاقی) می‌تواند باعث ناهمگنی در توزیع فضایی همبستگی‌ها شود. برای مثال، ایستگاه آبادان به دلیل مجاورت با اروندرود و تأثیرپذیری از رطوبت بالاتر، ممکن است پاسخ دمایی متفاوتی نسبت به ایستگاه اهواز (با اقلیم نیمه‌خشک) به الگوهای دورپیوند نشان دهد. تأثیر فصول مختلف می‌تواند دلیل دیگری بر وجود تفاوت در میزان همبستگی ایستگاه‌ها باشد. همبستگی‌ها در ماه‌های خاص (مثلاً TNA در ژانویه و WHWP در ژوئیه) تقویت می‌شوند که نشان‌دهنده وابستگی زمانی-مکانی پیچیده‌ای است.

در کل بررسی همبستگی بین الگوها با حداقل دمای ایستگاه‌ها در ۱۲ ماه نشان داد بیشترین فراوانی همبستگی معنی‌دار بین حداقل دمای ایستگاه‌ها در ژانویه با TNA؛ در فوریه با AMO و TNA؛ در مارس با NAO؛ در آوریل با TSA؛ در ژوئن با WHWP؛ در ژوئیه با TSA؛ در اوت با TNA؛ در سپتامبر با WHWP و AMO و در می، اکتبر، نوامبر و دسامبر با AMO مشاهده شد. این یافته مؤید آن است که الگوهای اطلس (AMM، TNA و NTA) در مقایسه با الگوهای آرام حاره‌ای در تعداد زیادی از ماه‌ها با

حداقل دمای ایستگاه‌ها همبستگی معنی‌دار (از نوع مستقیم ناقص) دارند. این یافته مؤید نتایج پژوهش میرحسینی و همکاران (۱۴۰۱) است. الگوی WHWP تنها الگوی آرام حاره‌ای است که با حداقل دمای بیشتر ماه‌های میناب دارای همبستگی معنی‌دار است. مرتبط بودن دمای ایستگاه‌ها با الگوی AMO و WHWP با نتایج پژوهش (اسماعیلی و همکاران، ۱۳۹۹) همسویی دارد. همچنین محاسبات نشان داد بین الگوی NAO و دمای ایستگاه‌های جنوبی کشور همبستگی معکوس ناقص وجود دارد. این یافته نیز همسو با نتایج پژوهش‌های پیشین است از جمله مطالعات و بررسی‌های صلاحی و حاجی‌زاده (۱۳۹۲) که به شناسایی ارتباط معکوس بین الگوی NAO و دمای لرستان؛ سبحانی و همکاران (۱۳۹۳) که به شناسایی اثر این الگو بر مؤلفه‌های دمایی شمال غرب ایران؛ حیدری و همکاران (۱۳۹۵) که به آشکارسازی ارتباط منفی بین الگوی نوسان اطلس شمالی و دمای حوضه مازندران و میرحسینی و همکاران (۱۴۰۱) که به تبیین ارتباط بین الگوی NAO و دمای زاهدان منتهی شده است. علت آن است که در صورت حاکمیت داشتن فاز مثبت NAO، ریزش هوای سرد و خشک عرض‌های بالا به سوی حوزه مدیترانه و ایران پدیده‌ای مورد انتظار است که اثر آن بر دمای ایران غالباً به صورت کاهش می‌باشد. همچنین بیشترین فراوانی همبستگی معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد بین حداکثر دمای ایستگاه‌ها در ژانویه با الگوی TSA، در فوریه و می با الگوی AMO، در مارس با الگوی NAO، در آوریل با الگوی ONI، در ژوئن و سپتامبر با الگوی WHWP، در ژوئیه با الگوهای AMO، TNA و TSA، در اوت با الگوهای WHWP، AMO و TSA، در اکتبر با الگوی TNA، در نوامبر با الگوی AMM و در دسامبر با الگوهای ONI، AMM و TNA به دست آمد. به طور کلی، بیشینه تعداد ایستگاه‌های دارای همبستگی معنی‌دار با الگوهای مورد مطالعه در متغیر حداقل دما بیشتر از حداکثر دما بود و نیز ضرایب تعیین مدل‌های رگرسیونی حداقل دما بزرگ‌تر از ضرایب تعیین حداکثر دمای ایستگاه‌ها بود که نشان می‌دهند دمای شب‌هنگام در مقایسه با دمای روزهنگام ارتباط بیشتری با الگوهای اشاره‌شده دارند و بیشتر از عوامل بیرونی تأثیر می‌پذیرد و یا اینکه شاید دمای روزهنگام بیشتر تحت کنترل پرفشار جنب حاره باشد.

۶. حامیان پژوهش

این پژوهش حامی مالی و معنوی نداشته است.

۷. مشارکت نویسندگان

نویسندگان در تمام مراحل و بخش‌های انجام شده سهم برابر داشته‌اند.

۸. تعارض منافع

نویسندگان اعلام می‌کنند که هیچ گونه تضاد منافع ندارند.

۹. تقدیر و تشکر

نویسندگان بدینوسیله از همه کسانی که به نوعی در انجام این پژوهش یاری رسانده‌اند قدردانی می‌نمایند.

منابع

- آصفی، گلناز و صلاحی، برومند (۱۳۹۲). آشکارسازی ارتباط الگوهای دمای سطحی اقیانوس اطلس بر نوسانات دمایی شهرستان رشت، نخستین کنفرانس ملی آب و هوا شناسی، کرمان.
- اسماعیلی، کامران؛ گندم‌کار، امیر و خداقلی، مرتضی (۱۳۹۹). شناسایی روند تغییرات دمای سواحل جنوبی ایران و ارتباط آن با الگوهای پیوند از دور. *جغرافیای طبیعی*، ۱۲(۴۹)، صص ۱-۲۲. https://journals.iau.ir/article_676344.html
- اسمعیل‌زاده، زینب؛ صلاحی، برومند؛ صابر، مهناز (۱۴۰۲). آشکارسازی ارتباط بین تغییرات برخی از شاخص‌های رطوبت نسبی سواحل جنوبی ایران با الگوهای پیوند از دور اقیانوس هند. *علوم و فنون آب‌حاکمی*، <https://doi.org/10.22034/jamst.2023.544224.1119>
- امیدوار، کمال و دهقان، حمیده (۱۴۰۳). بررسی روابط شاخص‌های پیوند از دور بر پارامترهای دما و بارش در حوضه ابرکوه-سیرجان. *پژوهش‌های اقلیم‌شناسی*، ۶۰، صص ۱-۱۴. <https://doi.org/10.22034/jcr.2024.207216>

- باعقیده، محمد؛ انتظاری، علی‌رضا و شجاع، فائزه (۱۳۹۱). بررسی وقوع درجه‌های مختلف استرس‌های گرمایی در سواحل جنوب ایران، *جغرافیا و پایداری محیط*، ۱۲(۱)، صص ۵۵-۶۸. https://ges.razi.ac.ir/article_173.html
- صلاحی، برومند و حاجی‌زاده، زهرا (۱۳۹۲). تحلیلی بر رابطه زمانی نوسان اطلس شمالی و شاخص‌های دمای سطحی اقیانوس اطلس با تغییرپذیری بارش و دمای لرستان. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ۲۸(۳)، صص ۱۱۹-۱۳۰. <http://georesearch.ir/article-1-456-fa.html>
- حیدری، ایرج؛ گندمکار، امیر و باقری، محسن (۱۳۹۵). بررسی ارتباط الگوهای پیوند از دور اقیانوس اطلس شمالی و میانگین حوضه دریای مازندران. *جغرافیا و مطالعات محیطی*، ۲۰(۵)، صص ۱۴۷-۱۳۹. https://journals.iau.ir/article_589612.html
- خسروی، محمود و مسگری، ابراهیم (۱۳۹۵). تحلیل فضایی روابط الگوهای پیوند از دور با دمای ماهانه شمال غرب ایران، *جغرافیا و آمایش شهری منطقه‌ای*، ۲۱(۶)، صص ۲۱۴-۲۰۳. <https://doi.org/10.22111/gaij.2016.2843>
- خوش‌اخلاق، فرامرز، قنبری، نوذر، معصوم پور سماکوش، جعفر (۱۳۸۷). مطالعه اثرات نوسان اطلس شمالی بر رژیم بارش و دمای سواحل جنوبی دریای خزر، *پژوهش‌های جغرافیایی*، شماره ۶۶، صص ۷۰-۵. https://jphgr.ut.ac.ir/article_27785.html
- رفعتی، پردیس و رضازاده، مریم (۱۳۹۹). مطالعه شاخص‌های همبستگی ENSO، IOD، NAO با تغییرات دمای سطح دریا در خلیج فارس. *فیزیک زمین و فضا*، ۲۴(۲)، صص ۳۹۵-۴۰۸. <https://doi.org/10.22059/jesphys.2020.297756.1007198>
- سبجانی، بهروز؛ صلاحی، برومند و گل دوست، اکبر (۱۳۹۳). ارتباط شاخص اقلیمی NAO با مقادیر میانگین، حداکثر و حداقل دمای ماهانه شمال غرب ایران. *تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، ۱۴(۳۳)، صص ۷۵-۹۰. <https://jgs.khu.ac.ir/article-1-1962-fa.html>
- صلاحی، برومند؛ اسمعیل‌زاده، زینب؛ صابر، مهناز (الف ۱۴۰۳). واکاوی همبستگی بین نوسانات حرارتی برخی ایستگاه‌های منتخب سواحل جنوبی ایران با برخی دورپیوندهای اقیانوس آرام. *علوم و فنون آب‌خاکی*، <https://doi.org/10.22034/jamst.2024.544582.1202>
- صلاحی، برومند؛ صابر، مهناز؛ وطن‌پرست، فاطمه. (ب ۱۴۰۳). ارزیابی تغییرپذیری بارش سواحل جنوبی ایران و ارتباط آن با الگوی دوقطبی اقیانوس هند (IOD). *علوم و فنون آب‌خاکی*، <https://doi.org/10.22034/jamst.2024.544558.1195>
- غیاثوند، احمد، ۱۳۹۰، کاربرد آمار و نرم‌افزار SPSS در تحلیل داده‌ها، انتشارات متفکران.
- کاظمی زاد، مظفر (۱۳۸۷). پیوند از دور و مدیریت منابع آب، سومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، دانشگاه تبریز: دانشکده مهندسی عمران.
- میرحسینی، حامد؛ گندم‌کار، امیر؛ افروس، علی و عباسی، علیرضا (۱۴۰۱). تأثیر الگوهای پیوند از دور بر سری‌های دمایی شهر زاهدان. *مهندسی جغرافیایی سرزمین*، ۴(۴)، صص ۸۳۵-۸۴۸. [20.1001.1.25381490.1401.6.4.4.7](https://doi.org/10.1001.1.25381490.1401.6.4.4.7)
- Abbasi, M., Maleki, S. M. (2017). Iranian surface air temperature periodicities and correlations with the North Atlantic and Indian Ocean sea surface temperature variations. *Meteorol. Appl.* 24: 268-275.
- Ba-Aghideh, M., Entezari, A., & Shoji, F. (2012). Evaluation of the Different Degrees of Thermal Stress in the Southern Coast of Iran. *Geography and Environmental Sustainability*, 2(1), 55-68. (In Persian).
- Cabos, W., de la Vara, A., & Koseki, S. (2019). Tropical Atlantic Variability: Observations and Modeling. *Atmosphere*, 10(9), 502. <https://doi.org/10.3390/atmos10090502>
- Duan, X., Xue, F., Zheng F. (2021). Sea surface temperature anomaly in the tropical North Atlantic during El Niño decaying years. *Atmospheric and Oceanic Science Letters*. 14(6), 100077. <https://doi.org/10.1016/j.aosl.2021.100077>
- Hafez, Y. (2016) Study on the Relationship between the Oceanic Nino Index and Surface Air Temperature and Precipitation Rate over the Kingdom of Saudi Arabia. *Journal of Geoscience and Environment Protection*, 4, 146-162. <http://dx.doi.org/10.4236/gep.2016.45015>
- Hari, V., Rakovec, O., Zhang, W., Koppa, A., Collins, M., Kumar, R. (2023). On the role of the Atlantic Meridional Mode in eastern European temperature variability, *Atmospheric Research*. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2023.107082>
- Kalicinsky, C., Koppmann, R. (2022). Multi-decadal oscillations of surface temperatures and the impact on temperature increases. *Scientific Reports*, 12, 19895. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-24448-3>
- Li, H., Yan, Y., He, S., Yuan, X., Zhou, B., Wang, H., Xu, Z., Zhen, L. (2024). Interdecadal changes in interannual variability of June temperature over Northeast China induced by decadal shifts in the North Atlantic teleconnection. *Climate Dynamics*. 62: 9843-9860. <http://dx.doi.org/10.1007/s00382-024-07425-6>
- Lin, W., Chen, W., Zhou, W., Huang, G. (2015). Teleconnected influence of tropical northwest Pacific sea surface temperature on interannual variability of autumn precipitation in southwest of China. *Clim Dyn*, 45(9): 2527-2539. <http://dx.doi.org/10.1007/s00382-015-2490-8>
- López Moreno, J. I., Vicente-Serrano, S. M., Morán-Tejeda, E., Lorenzo-Lacruce, J., Kenawy, A., Beniston, M. (2011). Effects of the North Atlantic Oscillation (NAO) on combined temperature and precipitation winter modes in the Mediterranean mountains: Observed relationships and projections for the 21st century. *Global and Planetary Change*. 77(1-2): 62-76. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloplacha.2011.03.003>

- Schwing, F. B., Mendelssohn, R., Bograd, S. J., Overland, J. E., Wang, M., Ito, S. (2008). Climate change, teleconnection patterns, and regional processes forcing marine populations in the Pacific. *Journal of Marine Systems*, 79(3-4): 245-257. <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2008.11.027>
- Sheng, C., Zhang, S., Liu, Y., Wu, G., He, B. (2023). Interannual impact of tropical southern Atlantic SST on surface air temperature over East Asia during boreal spring. *npj Climate and Atmospheric Science*, 6, 186. <https://doi.org/10.1038/s41612-023-00515-y>
- Wang, M., Guo, J., Song, J., Fu, Y., Sui, W., Li, Y., Zhu, Z., Li, S., Li, L., Guo, L., Zuo, W. (2020). The correlation between ENSO events and sea surface temperature anomaly in the Bohai Sea and Yellow Sea. *Regional Studies in Marine Science*, 35, 101228. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2020.101228>
- Zheng, F., Liu, X., Chen, J., Huang, W., Sun, C., & Wang, H. (2023). Physical Mechanism of Winter Temperature Multidecadal Variations in Arid Central Asia: The Role of the Atlantic Multidecadal Oscillation (AMO). *Journal of Climate*, 36(21), 7363-7377. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-22-0946.1>
- Zhou, L., Hua, W., Nicholson, S., Clark, J. P. (2023). Interannual teleconnections in the Sahara temperatures associated with the North Atlantic Oscillation (NAO) during boreal winter. *Climate Dynamics* 62(2):1-21. <http://dx.doi.org/10.1007/s00382-023-06962-w>

References:

- Abbasi, M., Maleki, S. M. (2017). Iranian surface air temperature periodicities and correlations with the North Atlantic and Indian Ocean sea surface temperature variations. *Meteorol. Appl.* 24: 268-275.
- Asafi, G., & Salahi, B. (2013). Revealing the relationship between Atlantic Ocean sea surface temperature patterns and temperature fluctuations in Rasht County. Paper presented at the 1st National Conference on Climatology, Kerman, Iran. [In Persian] <https://civilica.com/doc/209296>
- Ba-Aghideh, M., Entezari, A., & Shoji, F. (2012). Evaluation of the Different Degrees of Thermal Stress in the Southern Coast of Iran. *Geography and Environmental Sustainability*, 2(1), 55-68. [In Persian] https://ges.razi.ac.ir/article_173.html
- Cabos, W., de la Vara, A., & Koseki, S. (2019). Tropical Atlantic Variability: Observations and Modeling. *Atmosphere*, 10(9), 502. <https://doi.org/10.3390/atmos10090502>
- Duan, X., Xue, F., Zheng, F. (2021). Sea surface temperature anomaly in the tropical North Atlantic during El Niño decaying years. *Atmospheric and Oceanic Science Letters*, 14(6), 100077. <https://doi.org/10.1016/j.aosl.2021.100077>
- Esmailzadeh, Z., Salahi, B., & Saber, M. (2023). Revealing the relationship between the changes of some relative humidity indices of the southern coasts of Iran with Indian Ocean teleconnection patterns. *Amphibious Science and Technology*, 4(3), 59-78. [In Persian] <https://doi.org/10.22034/jamst.2023.544224.1119>
- Esmaili, K., Gandomkar, A., & Khodagholi, M. (2020). Identifying the trend of temperature changes in the south Iranian Coasts and its Relationship with Teleconnections. *Physical Geography*, 49, 1-22. [In Persian]
- Ghiasvand, A. (2011). Statistical package for the social sciences, Tehran: Adibbook Pub: 313 p. [In Persian]
- Hafez, Y. (2016) Study on the Relationship between the Oceanic Nino Index and Surface Air Temperature and Precipitation Rate over the Kingdom of Saudi Arabia. *Journal of Geoscience and Environment Protection*, 4, 146-162. <http://dx.doi.org/10.4236/gep.2016.45015>
- Hari, V., Rakovec, O., Zhang, W., Koppa, A., Collins, M., Kumar, R. (2023). On the role of the Atlantic Meridional Mode in eastern European temperature variability. *Atmospheric Research*.
- Heidari, I., Gandomkar, A., & Bagheri, M. (2016). Investigating the Relationship between North Atlantic Transplant Patterns and the Mean of the Mazandaran Basin. *Quarterly Journal of Geography and Environmental Studies*, 5(20), 147-139. [In Persian] https://journals.iau.ir/article_589612.html
- Kalicinsky, C., Koppmann, R. (2022). Multi-decadal oscillations of surface temperatures and the impact on temperature increases. *Scientific Reports*, 12, 19895. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-24448-3>
- Kazemizad, M. (2017). Teleconnection and water resource management. 3rd Iran Water Resources Management Conference. Tabriz University, Faculty of Civil Engineering. [In Persian]
- Khoshakhlaq, F., Ghanbari, N., & Masoompour Samakoosh, J. (2009). The Study of North Atlantic Oscillation Effect on Temperature and precipitation Regimes of Southern shores of Caspian sea. *Physical Geography Research*, 0(66): 5-70. [In Persian] https://jphgr.ut.ac.ir/article_27785.html
- Khosravi, D., & Mesgari, E. (2016). Spatial Analysis of Relationship Between Teleconnection Patterns and Monthly Temperature of Northwest of Iran. *Geography and Territorial Spatial Arrangement*, 6(21), 203-214. [In Persian]
- Li, H., Yan, Y., He, S., Yuan, X., Zhou, B., Wang, H., Xu, Z., Zhen, L. (2024). Interdecadal changes in interannual variability of June temperature over Northeast China induced by decadal shifts in the North Atlantic teleconnection. *Climate Dynamics*. 62: 9843-9860. <http://dx.doi.org/10.1007/s00382-024-07425-6>
- Lin, W., Chen, W., Zhou, W., Huang, G. (2015). Teleconnected influence of tropical northwest Pacific sea surface

- temperature on interannual variability of autumn precipitation in southwest of China. *Clim Dyn*, 45(9): 2527–2539. <http://dx.doi.org/10.1007/s00382-015-2490-8>
- López Moreno, J. I., Vicente-Serrano, S. M., Morán-Tejeda, E., Lorenzo-Lacruz, J., Kenawy, A., Beniston, M. (2011). Effects of the North Atlantic Oscillation (NAO) on combined temperature and precipitation winter modes in the Mediterranean mountains: Observed relationships and projections for the 21st century. *Global and Planetary Change*, 77(1–2): 62–76. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloplacha.2011.03.003>
- Mirhosseiny, H., Gandomkar, A., Afrous, A. & Abbasi, A. (2022). The Effect of Teleconnection Patterns on Temperature Series in Zahedan City. *Geographical Engineering of Territory*, 6(4), 835-848. [In Persian]
- Omidvar, K., Dehghan, H. (2024). investigating the relationships of tel-connection on temperature and precipitation parameters in abarkoh-sirjan basin. *Journal of Climate Research*, 60, 1-14. [In Persian] <https://doi.org/10.22034/jcr.2024.207216>
- Rafati, P., Rezazadeh, M. (2020). Correlation of NAO, IOD and ENSO with the sea surface temperature changes in the Persian Gulf. *Journal of the Earth and Space Physics*, 46, 2. P, 13. [In Persian]. <https://doi.org/10.22059/jesphys.2020.297756.1007198>
- Salahi, B., Esmailzadeh, Z., & Saber, M. (2024). Investigation of the Relationship between the Temperature Changes of the Southern Coast of Iran with some Teleconnection Patterns of the Pacific Ocean. *Amphibious Science and Technology*, [In Persian] <https://doi.org/10.22034/jamst.2024.544582.1202>
- Salahi, B., & Hajizadeh, Z. (2013). An analysis on relationship between North Atlantic Oscillation and sea surface temperature of Atlantic Ocean with rainfall & temperature variability in Lorestan province. *Geographical Research*, 28(110), 117-128. https://jgr.ui.ac.ir/article_17999.html?lang=en
- Salahi, B., Saber, M., & Vatan Parast, F. (2024). Evaluation of the Precipitation Variability of the Southern Coasts of Iran and its Relationship with the Indian Ocean Dipole (IOD) Pattern. *Amphibious Science and Technology*, (), - . [In Persian] <https://doi.org/10.22034/jamst.2024.544558.1195>
- Schwing, F. B., Mendelssohn, R., Bograd, S. J., Overland, J. E., Wang, M., Ito, S. (2008). Climate change, teleconnection patterns, and regional processes forcing marine populations in the Pacific. *Journal of Marine Systems*, 79(3-4): 245-257. <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2008.11.027>
- Sheng, C., Zhang, S., Liu, Y., Wu, G., He, B. (2023). Interannual impact of tropical southern Atlantic SST on surface air temperature over East Asia during boreal spring. *npj Climate and Atmospheric Science*, 6, 186. <https://doi.org/10.1038/s41612-023-00515-y>
- Sobhani, B., Salahi, B. Goldoust, A. (2014). Relationship between NAO climate index and average, maximum and minimum monthly temperatures in northwest Iran. *Applied Research in Geographical Sciences*, 14(33), pp. 75-90. [In Persian] <https://jgs.khu.ac.ir/article-1-1962-fa.html>
- Wang, M., Guo, J., Song, J., Fu, Y., Sui, W., Li, Y., Zhu, Z., Li, S., Li, L., Guo, L., Zuo, W. (2020). The correlation between ENSO events and sea surface temperature anomaly in the Bohai Sea and Yellow Sea. *Regional Studies in Marine Science*, 35, 101228. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2020.101228>
- Zheng, F., Liu, X., Chen, J., Huang, W., Sun, C., & Wang, H. (2023). Physical Mechanism of Winter Temperature Multidecadal Variations in Arid Central Asia: The Role of the Atlantic Multidecadal Oscillation (AMO). *Journal of Climate*, 36(21), 7363-7377. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-22-0946.1>
- Zhou, L., Hua, W., Nicholson, S., Clark, J. P. (2023). Interannual teleconnections in the Sahara temperatures associated with the North Atlantic Oscillation (NAO) during boreal winter. *Climate Dynamics* 62(2):1-21. <http://dx.doi.org/10.1007/s00382-023-06962-w>

نحوه استناد به این مقاله:

صلاحی، برومند؛ وطن پرست قلعه جوق، فاطمه و صابر، مهناز (۱۴۰۵). تحلیل ارتباط بین تغییرات دمایی سواحل جنوبی ایران با شاخص‌های دور پیوند. *مطالعات جغرافیایی نواحی ساحلی*، ۷(۲)، ۲۴-۱. DOI:10.22124/GSCAJ.2025.26243.1280

Copyrights:

Copyright for this article are retained by the author(s), with publication rights granted to *Geographical studies of Coastal Areas Journal*. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

